

**TARTU ÜLIKOOL**  
**EESTI MEREINSTITUUT JA**  
**ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT**  
**ZOOLOOGIA OSAKOND**  
**LOODUSRESSURSSIDE ÕPPETOOL**

Lilli Lakkur

**Pirita jõe lõhe (*Salmo salar* L.) ja meriforelli (*Salmo trutta* L.)  
populatsiooni kuderände eripärad ning taastootmispotentsiaali  
hindamine**

Magistritöö

Juhendaja: MSc Martin Kesler

Tartu 2015



# Sisukord

1. Sissejuhatus.....	4
2. Kirjanduse ülevaade.....	6
2.1. Töös käsitletavate liikide bioloogia ja levik.....	6
2.1.1. Atlandi lõhe.....	6
2.1.2. Meriforell.....	7
2.2. Kudemisränne.....	9
2.2.1. Atlandi lõhe kudemisränne.....	9
2.2.1.1. Kudemisrände aeg.....	9
2.2.1.2. Vooluhulk.....	11
2.2.1.3. Temperatuur.....	13
2.2.2. Meriforelli kuderänne.....	14
2.2.2.1. Kuderände aeg.....	14
2.2.2.2. Jõkketõusu mõjutavad faktorid.....	15
2.3. Viljakus.....	17
2.3.1. Lõhe viljakus.....	17
2.3.2. Meriforelli viljakus.....	18
2.3.3. Optimaalne marja hulk kudealal.....	19
2.4. Lõhe- ja meriforellivarude taastamine.....	20
2.4.1. Taastamismeetodid.....	20
2.4.2. Põlula Kalakasvatusekeskuse tegevus.....	21
2.4.3. Pirita jõe lõhe ja meriforelli populatsiooni seisund.....	22
3. Materjal ja meetodika.....	24
3.1. Pirita jõgi.....	24
3.2. Sugukalade loendur.....	24
3.3. Andmeanalüüs.....	26
4. Tulemused.....	28
5. Arutelu.....	35
6. Kokkuvõte.....	38
7. Summary.....	39
8. Tänuavaldused.....	40
9. Kasutatud kirjandus.....	41
10. Lisad.....	47

# 1. Sissejuhatus

Meriforell (*Salmo trutta* L.) ja lõhe (*Salmo salar* L.) on majanduslikult väärtuslikud kalaliigid. Ajalooliselt on nad olnud olulised tööndus- ja harrastuspüügi kalad ning seniajani toimub pidevalt nende püük. Lisaks majanduslikule väärtusele on meriforell ja lõhe ökoloogiliselt olulised liigid. Mõlemal liigil on kompleksne elutsükkel ning iseäralik sigimisbioloogia. Lõhe ja meriforell käivad sigimas sünnijõgedes ning need samad jõed on nende noorjärede kasvualad.

Nii Euroopas kui ka Põhja-Ameerikas on meriforelli ja lõhe populatsioonide hulk drastiliselt vähenenud. Populatsioonide hävimise ja nõrgenemise peamisteks põhjusteks on kude- ja elupaikade kvaliteedi langus või hävimine. Samuti on probleemiks suur püügisurve (Jonsson & Jonsson 2011). Eestis kuulub nii meriforell kui ka lõhe ohustatud kalaliikide hulka. Lõhe on kantud Eestis Punase Raamatu eriti ohustatud liikide ja meriforell ohualtite liikide kategooriasse (Lilleleht 1998). Liikide olukorda on üritatud parandada koelmualade kvaliteedi parandamisega ning rändetakistuste mõju vähendamisega. Lisaks kasvatab ja asustab Põlula Kalakasvatusteskus noorkalu parandamiseks Eesti lõhe ja meriforelli populatsioonide olukorda.

Käesoleva uurimistöö aluseks on Pirita jõe 2014. aasta meriforelli ja lõhe sugukalade loendusandmed. Ühe aspektina keskendutakse lõheliste kuderände uurimisele. Kirjanduse ülevaates vaadeldakse lõhe ja meriforelli kuderände aega ning jõkkeitõusu mõjutavaid keskkonnategureid. Lõhe ja meriforell käivad kudemas väga erinevate keskkonnatingimustega jõgedes ning seetõttu on iga populatsioon kohastunud sealseteks oludeks. Kudemalade jõkkeitõus on tähtis osa kuderändest ning seetõttu on oluline teada populatsioonide eripärasid.

Uurimistöö teine pool keskendub Pirita jõe lõhe ja meriforelli taastootmispotentsiaali hindamisele. Leides kudema suunduvate emaskalade kogukaalu, saab arvutada 2014. aasta sügisel kudealale potentsiaalselt koetava marja koguse. Sellest lähtuvalt, saab hinnata, kas koetava marja hulk on piisav jätkusuutliku põlvkonna kujunemisel. Lisaks on loendusandmeid kasutades võimalik anda hinnang lõhe ja meriforelli mere-ellujäämusele ning Põlula Kalakasvatusteskuse noorkalade asustamise efektiivsusele Pirita jões.

Täpsemalt on käesoleva töö eesmärk leida vastused järgnevatele küsimustele:

1. Millised on 2014. aasta sügise andmete põhjal Pirita jõe lõhe ja meriforelli populatsiooni kuderände eripärad?
2. Kas kasvanduse päritolu ja looduslike lõhe kudekalade sigimisrändes esines erinevusi?
3. Kas vooluhulk ja veetemperatuur mõjutasid Pirita jõe kudekalade jõkketõusu?
4. Kas jõkke suunduvate kudekalade arv on piisav tagamaks 2015. aastaks tugev lõhe ja meriforelli põlvkond Pirita jões?
5. Kui suur on Pirita jõe lõhe ja meriforelli mere-ellujäämus?
6. Kui efektiivne on noorjarkude asustamine Pirita jõkke?

## 2. Kirjanduse ülevaade

### 2.1. Töös käsitletavate liikide bioloogia ja levik

#### 2.1.1. Atlandi lõhe

Atlandi lõhe (*Salmo salar*) kuulub lõheliste (*Salmoniformes*) seltsi, lõhilaste (*Salmonidae*) sugukonda ja lõhe (*Salmo*) perekonda. Atlandi lõhe on külmalembene laialdase levikuga liik ning looduslikult leidub teda Atlandi ookeani põhjaosas ning Läänemeres (Jonsson & Jonsson 2011). Geograafilise ja geneetilise eraldatuse põhjal on Atlandi lõhe jaotunud kolme põhigruppi. Ida-Atlandi lõhed käivad kudemas Lääne-Euroopa jõgedes, Lääne-Atlandi grupp kasutab kudemiseks Põhja-Ameerika jõgesid ning Läänemerre suubuvates jõgedes käib kudemas Balti grupp (Verspoor 2007).

Tegemist on anadroomse siirdekalgaga, mis tähendab seda, et suurema osa elust veedavad lõhed meres, kuid suunduvad kudema sünnijõkke. Sigimisaja saabudes võtab lõhe ette kudemisrände ning suguküpsuse saabudes arenevad välja sekundaarsed sootunnused. Kudema suunduvad lõhed katkestavad jões toitumise (Jonsson & Jonsson 2011). Suguküpsed isendid koevad tavaliselt sügisel ja kudemine toimub peamiselt oktoobrist detsembrini (Fleming 1996). Lõhe eelistab kasutada kudemiseks suuremate jõgede alam-ja keskjooksu kruusase põhjaga kiirevoolulisi kärestikke. Eestis on kudemiseks sobilikke jõgesid vähe ning kudemisala neis on piiratud. Samuti on Eesti lõhejõed suhteliselt väikesed ning seetõttu ei saa lõhe teha pikki kudemisrändeid. Peamised kudejõed asuvad põhjarannikul. Läänemere looduslik lõhe käib kudemas Kunda, Loobu, Selja, Jägala, Pirita, Vääna, Keila, Vasalemma, Pärnu, Purtse ja Valgejões (Rannak *et al.* 1983; Kesler *et al.* 2015).

Esimestena ilmuvad tavaliselt koelmuile isaslõhed. Isaskalad on sigimisalal agressiivsed ning võitlevad parimate pesakohtade pärast. Emaslõhed hakkavad koelmukohta jõudes otsima sobiva kudesubstraadi ja voolukiirusega jõelõiku (Flemming 1996). Koelmukoha valikut mõjutavad peamiselt jõe vooluhulk, temperatuur, vee sügavus ning jõepõhja struktuur (Armstrong *et al.* 2003). Emaskala kaevab jõepõhja tugevate sabalöökidega pesalohud, kuhu ta asetab oma marja.

Isaslõhe viljastab marja ning emaslõhe katab selle kruusaga. Kudemine on energiakulukas protsess ja enamik lõhesid sureb pärast sigimist (Flemming 1996).

Mari areneb talve jooksul pesakühmus 5 kuni 6 kuud ning kevadel kooruvad eelvastsed. Pesakühmus toituvad eelvastsed rebukotis sisalduvatest toitainetest ning 1 kuni 1,5 kuu pärast lahkuvad nad vastsena pesakühmust ja lähevad järk-järgult üle välisele toitumisele. Hiljem, kui lõhemaimu soomuskate on täielikult väljakujunenud, nimetatakse noorkalu tähnikuteks (Jonsson & Jonsson 2011; Saltveit & Brabrand 2013).

Tähnikud veedavad Eesti piirkonna jõgedes tavaliselt kaks aastat. Vastava suuruse saavutamisel suunduvad noorkalad laskujatena merre toituma. Samas võib juhtuda, et mõned isastähnikud ei suundugi merre, saavad jões suguküpsiks ning võtavad kääbusisastena osa kudemisest. Smoltidena merre suunduvad kalad kasvavad ja toituvad seal suguküpsuse saabumiseni. Emaskalad võivad suguküpsiks saada alates teisest meres veedetud eluaastast. Isaskaladel seevastu on võimalik saavutada suguküpsus esimesel meresveedetud eluaastal. Tagasitee sünnijõkke leiavad kalad maa magnetvälja, päikese, hoovuste, peene haistmismeele ning hea lõhnamälu abil (Jonsson & Jonsson 2011).

### 2.1.2. Meriforell

Sarnaselt Atlandi lõhele kuulub forell lõheliste (*Salmonidae*) sugukonda ja lõhe (*Salmo*) perekonda (Rannak *et al.* 1983; Jonsson & Jonsson 2011). Forelli levila kattub suurelt jaolt lõhe omaga, kuid paikseid jões elavaid populatsioone esineb ulatuslikumal alal. Looduslikult on forell levinud kogu Läänemeres, Põhja-Hispaaniast ulatub forelli levikuala kuni Barentsi mere lõunaosani ning Põhjameres piirdub forelli levila Islandiga. Forell on invasiivne kalaliik ning inimese kaasabil esineb teda kõikjal külmades ja hapnikurikastes vetes peale Antarktika (MacCrimmon & Gots 1970; Jonsson & Jonsson 2011).

Meriforelliks nimetatakse anadroomselt käituvat populatsiooni osa ning nende elutsükel on sarnane lõhe omaga, kuid siiski leidub kahel liigi vahel olulisi erinevusi. Nimelt kasutab meriforell kudemiseks suurte jõgede lisajõgesid, väiksemaid jõgesid ning puhtaveelisi ojasid.

Meriforell toitub peamiselt rannikulähedastes vetes ning vastupidiselt lõhele ei võtta ette pikka kuderännet. Jõkketõus algab tavaliselt augustis-septembris ning kudemine toimub peamiselt oktoobris-novembris (Rannak *et al.* 1983; Jonsson & Jonsson 2011). Sarnaselt lõhele paiknevad meriforelli olulisemad kudejõed Eesti põhjarannikul. Lisaks leidub meriforellile sigimiseks sobilikke jõgesid ning ojasid Saaremaal, Hiiumaal ning Pärnumaal (Kesler *et al.* 2015).

Meriforelli kudemine sarnaneb lõhe omaga ning kahe liigi pesakühmud võivad asetseda lähestikku. Lõhe pesakühmud on mõnevõrra suuremad ning paiknevad pigem jõe keskosas. Samas meriforelli pesad paiknevad kaldale lähemal madalas vees. Meriforellid saavutavad suguküpsuse väiksemalt kui lõhed. Kudemine pole meriforellile niivõrd kurnav ning korduvalt kudevaid meriforelle on rohkem kui lõhesid. Meriforellid koevad tavaliselt igal aastal pärast suguküpsuse saabumist samas, kui lõhed võivad oodata kaks aastat enne, kui uuesti kudema suunduvad. Vastupidiselt lõhedele meriforellid ei katkesta jões toitumist ning võivad kudeajal süüa lõhe või liigikaaslaste poolt koetud marja (Rannak *et al.* 1983; Jonsson & Jonsson 2011).

Noorkalad veedavad jõgedes keskmiselt 1-3 aastat ning laskuvad seejärel merre. Meriforellid toituvad ja kasvavad rannikulähedastes vetes ligikaudu 2 aastat, mille järel nad naasevad oma sünnijõgedesse kudema (Rannak *et al.* 1983; Jonsson & Jonsson 2011). Forell on väga plastiline liik ning kõik isendid ei rända merre, vaid elavad jões paikse jõeforellina. See tähendab, et jões elavad sama liigi eri vormid. Samuti on meriforellide seas rohkem emaskalu ning jõeforellide seas rohkem isaskalu (Klemetsen *et al.* 2003). Lisaks on jõeforell võrreldes meriforelliga aeglasema kasvutempoga ning seega hilisema suguküpsuse saabumisega. Tänu suuremale kasvule on meriforell suurema viljakusega kui jõeforell (Wysujack *et al.* 2009).



## 2.2. Kudemisränne

### 2.2.1. Atlandi lõhe kudemisränne

#### 2.2.1.1. Kudemisrände aeg

Kudemisränne sünnijõe lähedastesse rannikuvetesse algab enamasti mitu kuud enne kudemist. Teekond tagasi kudejõkke jaotub kahte faasi. Esmalt suunduvad lõhed toitumisalalt rannikulähedastesse vetesse ning siis otsivad üles sünnijõe (Fleming 1996; Jonsson & Jonsson 2011). Õige jõe otsimine ja ülesleidmine on lõhedele iseäralik ning ainult 1 kuni 3 % kudekaladest satub valesse jõkke (Stabell 1984). Seejärel kogunevad kudema suunduvad lõhed jõesuudme lähedusse ning ootavad õiget aega jõkke sisenemiseks (Jonsson & Jonsson 2011).

Jõkke sisenemise aja järgi eristatakse suvi-ja sügissassi. Suvirass tõuseb jõkke suguküpsena ning koeb sama aasta sügisel. Sügissass siseneb jõkke arenemata sugunäärmetega kudemisele eelneva aasta sügisel, talvitub jões ning koeb järgmisel sügisel. Lääne-Euroopa jõgedes on ülekaalus suvirass. Sügissassi leidub Norra ja Venemaa lõhejõgedes (Rannak *et al.* 1983; Jonsson & Jonsson 2011). Šotimaal kutsutakse selliseid noorkalu kevadise jõkketõusu aja tõttu kevadlõhedeks (Jonsson & Jonsson 2011).

Jõkketõusu ning kudemise ajad on populatsiooniti väga erinevad (Jonsson & Jonsson 2011; Fleming 1996; Klemetsen *et al.* 2003). Nagu eelnevalt mainitud on lõhe kudemisaeg sügisel ning tavaliselt kestab see oktoobrist detsembrini. Põhjapoolsetes populatsioonides algab sigimisaeg varem kui lõunapoolsetes asurkondades (Fleming 1996). Läänemere lõhed siirduvad kudema oktoobris-novembris (Rannak *et al.* 1983; Karlsson & Karlstörn 1994). Samas Norra lõhejõgedes algab kudemisränne märtsis ning esimesed kalad sisenevad jõkke aprilli algul. Jõkketõus võib kesta novembrini, olles intensiivseim juunis-juulis. Kudepesade ehitus algab alles oktoobris ning kestab jaanuarini (Heggberget 1988). Siiski leidub ka erand Lääne-Norra lõhejõe Suldalslågeni näol, kus kudemine algab jaanuaris (Saltveit & Brabrand 2013). Sarnaselt enamikele Norra jõgedele tõusevad Rootsi lõhejõe Dalälvenise kudekalad kevadel jõkke ning koevad hilissügisel (Dahl *et al.* 2004).

Mõnede populatsioonide eripäraks on eriti varajane kuderänne. Tavaliselt on see iseloomulik lõhedele, kes peavad kudekohta jõudmiseks ujuma pikki vahemaid. Näiteks, Prantsusmaa jões Loire'is algab jõkketõus 12 kuud enne kudemist. Selleks, et kalad oktoobriks kudealale jõuaksid, peavad nad ujuma 900 km ülesvoolu. Selline kuderänne on aega nõudev ning energiamahukas. On olemas ka populatsioone, mis sisenevad varakult jõkke ilma ilmselge põhjuseta, kuigi neil on meres kasvuks soodsad tingimused (Jonsson & Jonsson 2011).

Hilistalvel või kevadel jõkke sisenevad lõhed on tihti pärit suurtest jõgedest. Pikkadest suurtest lõhejõgedest pärit sugukalad on suuremat kasvu kui lühikeste jõgede kudelõhed (Scarnecchia 1983). Sellistes jõgedes koelmukohale jõudmine ajamahukas ning energianõudlik, mistõttu on rändeks vajalik ka suurem kehasuurus. Suurtes jõgedes sisenevad suuremad isendid jõgedesse varem kui väiksemad lõhed (Lilja & Romakkaniemi 2004; Thorstad *et al.* 2003, Karppinen *et al.* 2004; Niemeläe *et al.* 2006). Jonsson *et al.* (2007) täheldasid, et vähemalt kaks talve meres veetnud lõhed suundusid suudme lähedastesse vetesse varem kui ühe talve meres veetnud lõhed. Hilise kuderändega on tihti väikeste ja lühikeste jõgede (keskmine vooluhulk  $<10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) populatsioonid. Sellistes jõgedes pole pikka kuderännet tarvis ette võtta ning seega sisenevad kalad jõkke vahetult enne kudemist (Jonsson & Jonsson 2011).

Kasvanduse päritoluga lõhed sisenevad tavaliselt jõgedesse hiljem kui looduslikud kalad (Jonsson *et al.* 1990; Fiske *et al.* 2001). Kennedy *et al.* (2013) leidsid, et asustatud lõhed teevad tihedamini jões üles-ja allavoolu liikumisi samas, kui looduslikud lõhed liiguvad ülesjõge pigem samm-sammult. Samuti looduslikud kalad ujusid kaugematele kudealadele kui kasvanduse lõhed.

Sarnaselt kasvanduse päritoluga ja looduslike lõhede jõkketõusu aja erinevusele on täheldatud, et emaskalad võivad jõkke siseneda varem kui isaskalad (Dahl *et al.* 2004; Niemeläe *et al.* 2006; Davidsen *et al.* 2013). Dahl *et al.* (2004) väitsid, et erinevus võib tingitud olla emaskalade hilisemast suguküpsuse saabumisest. Kauem meres kasvanud ja kudema suunduvad emaslõhed on suuremad kui isaslõhed ning tavaliselt suuremad lõhed sisenevad jõkke varem kui väikesed lõhed. Davidsen *et al.* (2013) uurimistöös selgus, et emaslõhed sisenesid jõkke keskmiselt kuus päeva varem kui isaslõhed. Samas sugude vahelist suuruse ning vanuse erinevust ei leitud.

### 2.2.1.2 Vooluhulk

Kuderännet mõjutavaid faktoreid jõgedes on uuritud mitmeti. Kasutatud on kalaloendurite andmeid ning raadiosignaale andvaid erimärgiseid (Davidsen *et al.* 2013). Rännet jõgedes mõjutavad mitmed tegurid, näiteks veetemperatuur, vooluhulk, voolukiirus, valgustingimused, rändetakistused, kala suurus ja konditsioon. Jõkketõusu peamisteks mõjutavateks teguriteks on jõe veetemperatuur ning vooluhulk (Thorstad *et al.* 2008).

Arvatakse, et vooluhulk mõjutab lõhede jõkketõusu enim. Ebasoodsate keskkonnatingimuste korral võivad lõhed kudejõe suudme juures pidama jääda ning oodata sobivat aega, millal jõkke tõusta. On leitud, et madala vooluhulga korral jäävad lõhed jõesuudme lähedusse ning jõkketõus võib lükkuda hilisemaks (Saunders 1960; Potter 1988). Suure vooluhulgaga jõgedes võivad lõhed, mis on ujunud liialt väikese vooluhulgaga harujõgedesse, peajõkke tagasi pöörduda (Thorstad *et al.* 2005). Tetzlaff *et al.* (2005) täheldasid, et väiksemad vooluhulgad kui 0,3 m<sup>3</sup>/s pärsisid lõhede jõkketõusu. Suurte vooluhulkade korral võib jõkke suunduvate kalade arv vähendada või jõkketõus hoopiski peatuda (Jonsson *et al.* 2007).

Kudemisränne toimub siis, kui jõe vooluhulk on tavapärasest suurem (Crisp 1993). Bendall *et al.* (2012) leidsid, et vaatamata kuderändeks sobivatele vooluhulkadele lõhed sünnijõkke ei sisenenud. Lõhed jäid ootama vooluhulkade suurenemist, enne kui jõkke sisenesid. Jonsson *et al.* (1990) uurimistöös selgus, et Imsa jões kalaloendurit läbivate kalade arv päevas tõusis jões vooluhulga suurenemisega. Korraldati ka katse, kus jälgiti Norra lõhejõgedesse viidud Imsa jõe päritoluga lõhede rännet. Täheldati, et suureneva vooluhulgaga kasvas ka jõkke tõusvate kalade arv, samas kui väga tugeva vooluhulga korral jõkke sisenevate kalade arv vähenes. Samuti selgus, et põhjapoolsete jõgede lõhed sisenesid jõkke madalamatel vooluhulkadel kui lõunapoolsete populatsioonide kudekalad (Jonsson *et al.* 2007). Tetzlaff *et al.* (2008) leidsid, et madala vooluhulgaga aastatel kuderänne hilines, samas kui veerikastel aastatel sisenesid kalad jõkke varakult. Samuti sisenes veerikastel aastatel jõkke rohkem kudejaid kui veevaestel. Smith *et al.* (1994) uurimistöö näitas, et väikese vooluhulga korral oli jõkke sisenemise aeg hilisem kui jõe tavalise vooluhulgaga aastatel. Tavapäraselt madalama vooluhulgaga aastatel korreleerus jõkke sisenevate kalade arv vooluhulga suurenemisega. Suurema vooluhulgaga aastatel jõkke

sisenevate kalade arvu ja vooluhulga suurenemise vahel seost ei esinenud.

Jökke sisenedes peavad kudekalad kohanema muutunud keskkonnatingimustega. Kudema suunduv lõhe peab kohanema mageda veega. Lisaks on kudekaladel sigimisaladele jõudmiseks vajalik aktiivselt ujuda selleks, et hakkama saada muutunud veesügavusega ning jõe suurenenud vooluhulgaga (Bardonnet & Baglinière 2000). Erkinaro *et al.* (1999) väitsid, et suurenenud vooluhulk võib kõige tugevamini seotud olla suurenenud ujumisaktiivsusega hilissuvel. Kõrgenenud veetase on eriti tähtis suurtele lõhedele. Sügavas vees on lõhedel kergem ujuda ning seda eriti väikeste jõgede suurtel kaladel (Jonsson *et al.* 1990; Jonsson & Jonsson 2011). Suurenenud vooluhulk ja kõrgenenud veetase võivad vähendada ka kisklust. Jökke tõusvaid kalu on kiskjatel kergem kinni püüda ning seda eriti väikestes jõgedes väikese vooluhulga korral (Abrahams & Kattenfield 1997).

Kuna lõhed saavad suguküpseks erinevatel aegadel, on ka jõkke suunduv lõhekari erineva vanuselise jaotusega. Jonsson *et al.* (2007) leidis, et Imsa jõkke tõusvate mitmeaastaste sugukalade arv kasvas suureneva vooluhulgaga. Kõige intensiivsem jõkke sisenemine toimus vooluhulkadel 12,5-15 m<sup>3</sup>/s. Vähemalt kaks talve meres veetnud lõhed sisenesisid jõkke siis, kui vooluhulk oli üle 10 m<sup>3</sup>/s. Samas ühe talve meres kasvanud kaladel vooluhulkadel 1 kuni 20 m<sup>3</sup>/s seost ei leitud ning jõkketõus algas, kui vooluhulk oli üle 1 m<sup>3</sup>/s.

Leidub mitmeid uuringuid kus selgub, et vooluhulgal pole mõju Atlandi lõhe jõkketõusule (Thorstad & Heggberget 1998; Lilja & Romakkaniemi 2004; Thorstad *et al.* 2003, Karppinen *et al.* 2004; Davidsen 2013). Uurimistöodes käsitletud jõed olid suure vooluhulgaga (keskmise vooluhulk >10m<sup>3</sup>/s), mistõttu võis seos leidmata jääda. Väikese vooluhulgaga jõgedes on kaladel raskem üles jõge liikuda kui suure vooluhulgaga jõgedes madalama veetaseme tõttu (Jonsson & Jonsson 2011). Kuna madal vooluhulk pärsib suurte lõhede jõkke kudekohta jõudmist, siis suurema vooluhulgaga väikestes jõgedes on suuremad kudelõhed. Suurtel lõhejõgedes vastavat seost ei ole leitud (Scarnecchia *et al.* 1991). Samuti on väikestes jõgedes suvised madalvee perioodid, kus veetase võib jõkketõusuks olla liiga madal ning kalad peavad ootama sügist suureveeperioodi. Kudelõhedel on kasulikum energiat kokku hoida ning oodata sobivat aega jõkke sisenemiseks. Seega on lühikeste ja vähese vooluhulgaga jõgede lõhed hilise kuderändega

ning sisenevad sünnijõkke vahetult enne sigimist (Jonsson & Jonsson 2011).

### 2.2.1.3. Temperatuur

Temperatuur mõjutab oluliselt Atlandi lõhe levikut, kasvu, füsioloogiat, ellujäävust, toitumist, paljunemist, käitumist ning rändeid magevee keskkonnas (Moore *et al.* 2012). Akuutne teema nagu kliimamuutus on toonud temperatuuri mõju uurimise lõhe arengujärkudele suurenenud tähelepanu alla (Jonsson & Jonsson 2009). Lõhe eri elujärke iseloomustavad vastavad temperatuurinõudlused. Näiteks, optimaalne temperatuur noorkaladele kasvuks magevees on 16–20 °C (Jonsson *et al.* 2001) ning meres on optimaalne temperatuur 13 °C (Handeland *et al.* 2003). Lõhe kudemiseks vajalik temperatuur on piirkonniti erinev, kuid ei toimu enamasti temperatuuridel alla 5 °C (Jonsson & Jonsson 2011). Eesti lõhe jõgedes algab kudemine 5–6 °C juures (Rannak *et al.* 1983).

Jõkke suundumise aega mõjutab oluliselt veetemperatuur ning seda peetakse teiseks tähtsamaks kuderännet mõjutavaks teguriks (Jonsson & Jonsson 2011). Lisaks jõkketõusule mõjutab veetemperatuur lõhede liikumisi jõe suudmelähedastes vetes (Moore *et al.* 2012). Jõkketõusuks kulutatav energia kasvab veetemperatuuri kasvuga (Enders *et al.* 2005). Veetemperatuuri tõusuga väheneb ka vee hapnikusisaldus, mis omakorda pärsib ujumisaktiivsust (Salinger & Anderson 2006). Võttes arvesse temperatuuri mõju, saab väita, et temperatuuril võib olla suurem mõju lõhede kuderändele jões kui vooluhulgal (Moore *et al.* 2012).

Kuna lõhedel on jõkke sisenemise aeg populatsiooniti erinev, siis sellest lähtuvalt on ka temperatuurid jõkke sisenemisel erinevad. Fleming (1996) väitis, et madalam veetemperatuur põhjapoolsematel aladel põhjustab sealsete lõhede varasemat kudemisaega. Jonsson *et al.* (2007) katses sisenesid põhjapoolsete populatsioonide kalad jõkke kõrgematel temperatuuridel kui lõunapoolsed populatsioonid. Kõige aktiivsem jõkketõus toimus Imsa jões temperatuuridel 10–12,5 °C. Lõhed, mis tõusid jõkke kõrgematel temperatuuril kui 15 °C, olid enamjaolt pärit põhjapoolsetest populatsioonidest. Moore *et al.* (2012) täheldasid, et lõhed sisenesid sünnijõkke temperatuuridel 11,3–14,3 °C ning Lilja & Romakkaniemi (2004) leidsid, et kõige intensiivsemalt toimus jõkketõus temperatuuridel 11,5–18,2 °C. Šotimaa jões Dees jäid kalad

merre kui temperatuur ületas 20 °C (Hawkins 1989). Dahl *et al.* (2004) uurimistöös selgus, et kevadine lõhede jõkke sisenemise kõrgpunkt korreleerus tugevalt mere ja kudejõe kuu keskmiste temperatuuridega. Vooluhulga mõju lõhede jõkketõusule oli väheoluline ning emaslõhede kuderänne korreleerus temperatuuridega tugevamalt, kui isaslõhede oma.

Pikad ülesjõge ränded on energiakulukad ning seda eriti veel kõrgemate temperatuuridega jõgedes. Näiteks, Loire'i jões peavad lõhed 900 km ülesvoolu ujuma enne, kui kudepaika jõuavad. Kaladel tuleb jõe alamjooks läbida enne kui vesi muutub seal liiga soojaks. Mais võib Loire'i veetemperatuur minna üle 25 °C, mis on külmalembeliste kaladele kuderändeks liialt kõrge (Jonsson & Jonsson 2011).

Kuderänne jões võib pärsitud olla erinevate inimese ehitatud rändetakistuste, näiteks paisude poolt (Thorstad *et al.* 2008). Põhjapoolsetes jõgedes võivad lõhed vältida jõkketõusu liiga madalate temperatuuride korral (Jonsson & Jonsson 2011). Lõhede võimekus ületada rändetakistusi väheneb veetemperatuuri alanedes ning lõhedel on väikeseid rändetakistusi raske ületada temperatuuridel alla 5–6 °C (Jensen *et al.* 1986; Mills 1989). Johnsen *et al.* (1998) leidsid, et Suldalslågeni jões hüppasid lõhed üle koskedest üle temperatuuridel 10,9–13,5 °C. Teises Norra jões Vefsnas oli 10 m kõrgusest kaladele raskesti ületatavast kosest üles ujumiseks vajalik vähemalt 8 °C vesi (Jensen *et al.* 1986). Samuti Gerlier & Roche (1998) täheldasid, et lõhed Reini jões ei ületanud rändetakistusi kui veetemperatuur langes alla 10 °C. Iirimaal Bushi jões hüppasid lõhed üle rändetakistuse kui veetemperatuur oli üle 9 °C (Kennedy *et al.* 2013).

## 2.2.2. Meriforelli kuderänne

### 2.2.2.1 Kuderände aeg

Meriforelli kuderände aeg on väga varieeruv. Näiteks, Inglismaa edelaosas suundub suurem osa meriforelle sünnijõkke maist juulini, samas põhjapoolsetes populatsioonides toimub jõkketõus peamiselt oktoobris (Klemetsen *et al.* 2003). Enamjaolt suunduvad kudekalad sünnijõkke juulist detsembrini. Sobivate vooluhulkade ning temperatuuride korral võivad forellid jõkke tõusta

olenemata aastaajast (Went 1962). Imsa jões toimus jõkketõus kõikidel kuudel aprillist detsembrini, kuid põhiline osa isenditest sisenes jõkke augustist oktoobrini (Jonsson & Jonsson 2002).

Meriforelli populatsioonidel võib olla väga erinev kuderände pikkus. Hispaania Ulla jõe päritolu forellid võivad rannikulähedastes vetes teha 200 km pikkuseid rändeid. Migratsioon algab mais ning jõkketõus toimub põhiliselt juunis-juulis (Caballero 2006). Eesti jõgedes sigivate meriforellide toitumiskäitumus piirduvad Läänemere keskosa ja Soome lahega ning enamik isenditest püsib oma sünnijõe lähedal kui 70 kilomeetrit. Seega ei pea meriforellid pikka energiakuulukat rännet ette võtma ja saavad võimalusel vahetult enne kudemist jõkke siseneda (Pihu 1987).

Sarnaselt Atlandi lõhele võivad suurtes jõgedes meriforellid sigimiskäitumisele suunduda varem kui väikestes kudejõgedes. Suurtes jõgedes võib jõkketõus toimuda kuus kuud enne sigimiskäitumisele suundumist. Seevastu väikestes jõgedes võivad meriforellid sarnaselt lõhele jõkke tõusta vahetult enne kudemist (Klemetsen *et al.* 2003). Näiteks, Norra jões Istras sisenesid meriforellid jõkke juulist novembrini ning enamik kudekalu tõusis jõkke augustis ja septembris. Kudemine toimus seevastu oktoobris-novembris (Jensen 1968).

Meriforelli kuderände aeg on mõjutatud soost ning kudekalade suurusest. Jonsson ja Jonsson (2002) leidsid, et vanemad ja seega ka suuremad forellid sisenevad kudejõkke varem kui väiksemad liigikaaslased. Populatsioonides, kus kudekalad kogunevad jõesuudme lähedastesse vetesse mitu nädalat enne jõkketõusu, on täheldatud, et isaskalad suunduvad kudealadele varem kui emaskalad (Jonsson & Jonsson 2011).

#### 2.2.2.2. Jõkketõusu mõjutavad faktorid

Meriforelli kuderännet pole uuritud nii ulatuslikult kui Atlandi lõhel, kuid sarnaselt Atlandi lõhele on peamiseks jõkke sisenemist mõjutavateks teguriteks vooluhulk ja veetemperatuur (Jonsson & Jonsson 2011). Meriforelli jõkke sisenemine ei sõltu vooluhulgast niivõrd kui Atlandi lõhel. Mõned kudekalad võivad sünnijõkke siseneda ka madalveeperioodil (Harris & Milner 2006).

Imsa jões (Jonsson & Jonsson 2002) sisenesid kudekalad madalatel või keskmistel vooluhulkadel. Aktiivseim jõkke tõus ilmnes vooluhulkadel 7,5–10 m<sup>3</sup>/s, kuid vooluhulkadel üle 20 m<sup>3</sup>/s jõkke sisenemine peatus. Lisaks selgus, et põhjapoolsetes populatsioonides peatus jõkketõus liiga madalatel temperatuuridel. Veetemperatuuri ja jõkke sisenemise aktiivsuse vahel ilmnes tugev korrelatsioon. Svedsen *et al.* (2004) leidsid, et meriforellide jõkketõusu aktiivsus korreleerus suureneva vooluhulgaga.

Meriforelli jõkketõusul näib olevat oluline temperatuuri ja vooluhulga koostoime (Klemetsen *et al.* 2003). Ovidio *et al.* (1998) täheldasid, et kõikuv veetase veetemperatuuridel 10–12 °C vallandas meriforelli jõkketõusu. Davies ja Sloane (1987) leidsid, et jõkke sisenemine toimus valdavalt madalatel vooluhulkadel ning temperatuuridel 6–10 °C. Migratsiooni kõrgpunkt oli emaskaladel 7,8 °C ning isaskaladel 7,6 °C juures.



## 2.3. Meriforelli ja Atlandi lõhe viljakus

### 2.3.1. Viljakus

Viljakus üldmõistena tähendab sugukala sugurakkude arvu. Emaskalade viljakust väljendatakse absoluutse või suhtelise viljakuse kaudu. Absoluutne viljakus on emaskala kehaõõnes asetsevate viljastumisvõimeliste marjaterade koguhulk. Suhtelise viljakuse all mõistetakse küpsete marjaterade arvu emaskala massiühiku kohta. Suure viljakusega kaladel arvestatakse suhtelist viljakust munarakkude arvuna ühe grammi emaskala kehakaalu kohta. Lõhelistel väljendatakse seda tavaliselt ühe kilogrammi kehakaalu kohta. Sugukalade viljakust väljendatakse ka tööviljakusena ehk tarbeviljakusena. Tarbeviljakus on emaskalalt marja lüpsmise teel kätte saadud marjaterade arv. Tarbeviljakus erineb absoluutsest viljakusest, kuna kõiki marjateri pole tavaliselt võimalik emaskalast välja lüpsta (Rannak *et al.* 1983; Jakobsen *et al.* 2009).

Marjaterade suurus ja hulk on seotud kudekala vanuse, pikkuse ja kehakaaluga. Teatud vanusest hakkab sugukalade absoluutne viljakus langema (Jakobsen *et al.* 2009). Suurematel kaladel on tavaliselt rohkem marjateri. Lisaks on suuremate emaskalade energiavarud suuremad võrreldes väiksematega ning seega on neil võimalik toota suuremaid ning energiarikkamaid marjateri (Heinimaa & Heinimaa 2004). Kuna emaskalades võib moodustuda arvuliselt kas suurem kogus väiksemaid või väiksem kogus suuremaid marjateri (Einum & Fleming 1999), siis suhteline viljakus võib suurematel emaskaladel olla väiksem. Järelikult suuremad emaskalad võivad toota vähem marjateri kehamassi ühiku kohta, kui väiksemad sookaaslased (Jakobsen *et al.* 2009).

### 2.3.2. Lõhe viljakus

Lõhe viljakuse kohta on erinevaid andmeid. Järvi (1932) leidsid, et Kymijoki jõe kudekalade absoluutne viljakus oli 13 000–17 600 marjatera ning keskmine marjaterade hulk isendi kohta 2,8 liitrit. Daugava jões kõikus Евтюхова (1970) andmetel absoluutne viljakus 5000-30 000 marjaterani. Keskmine absoluutne viljakus Daugavas oli 13 100 marjatera emaslõhe kohta. Rannak *et al.* (1983) kasutasid Keila ja Pirita emaskalade marja hulga määramiseks andmeid, mis saadi marja kogumisel kalahaudejaamade tarbeks. Kahe jõe kudekalade viljakus arvutati võttes arvesse Kymijoki emaslõhede marjaterade keskmist hulka liitris. Keskmiseks tööviljakuseks oli

Keila ja Pirita jões 8700 marjatera 7,9 kilose emaskala kohta. Tööviljakuseks 4,6 kilosel lõhel saadi 5000, 6 kilosel lõhel 6500, 7,7 kilosel lõhel 8800 ja 9,7 kilosel lõhel 10 700 marjatera. Christensen ja Larsson (1979) leidsid, et emaslõhe toodab iga grammi täiskaalu kohta 1,1–1,7 marjatera. Bardonnnet ja Baglinière (2000) väitsid, et marjaterade hulk, mida lõhe sigimisajal heidab, on umbes 1600–1800 marjatera ühe kilogrammise isendi kohta. Hindar *et al.* (2011) andmetel toodavad emaslõhed 1450 marjatera kilogrammi kohta. Moffett *et al.* (2006) näitasid, et Iirimaa lõhejões Bushis oli suhteline viljakus 1602–1878 marjatera kilogrammi kohta. Samas Eyto *et al.* (2015) uurimistöös selgus, et Iirimaa emaslõhede marjaproduktatsioon kilogrammi kehakaalu kohta on 1291–1495 marjatera. Dumas ja Prouzet (2003) leidsid, et Edela-Prantsusmaal Nivelles jões emaslõhede suhteline viljakus varieerus 1661–1752 marjaterani. Karlsson ja Karlstörn (1994) väitsid, et kuigi Läänemere lõhepopulatsioonide viljakuseks on leitud 1050–1500 marjatera kilogrammi kohta, on emaskalade suhteline viljakus tavaliselt 1100–1200 marjatera.

Nagu eelnevalt mainitud võib suhteline viljakus olla suurematel emaslõhedel väiksem. Reid ja Chaput (2012) leidsid, et ühe talve meres veetnud lõhedel oli suhteline viljakus keskmiselt 1600 marjatera kilo kohta ning vanematel kudejatel keskmiselt 1300–1400 marjatera. Siiski Cunniak ja Terrieni (1998) uurimistöös eeldatavat seost ei leitud. Ühe talve meres elanud emaslõhede suhteline viljakus 1385 marjatera ja mitmeaastastel 1387 marjatera kilogrammi kohta.

### 2.3.3. Meriforelli viljakus

Meriforelli viljakuse kohta on mõnevõrra vähem andmeid. Rannak *et al.* (1983) leidis, et meriforelli erinevate pikkusrühmade keskmine suhteline viljakus Väana ja Pudidoo jõgedes kõikus 2,3–3,7 marjaterani grammi täiskaalu kohta. Näiteks, 77 cm pikkuse väana jõest püütud emaskala marjaterade üldhulk oli 12 810. Samas absoluutne viljakus üle 70–79 cm pikkuste kalade puhul oli keskmiselt 8524 marjatera ning alla 50 cm pikkustel isenditel 2846. Solomon (1995) näitas, et ligi 50 cm kaladel oli absoluutne viljakus umbes 1800 marjatera. Caballero *et al.* (2006) uurimistöös selgus, et keskmine suhteline viljakus oli 2051 marjatera kilogrammi kohta. Jonsson ja Jonsson (1999) andmetel oli anadroomsetel 100 grammistel meriforellidel absoluutne viljakus 300 marjatera ning 500 grammistel isenditel 1500 marjatera. Samas paiksetel

jõeforellidel oli marjahulk vastavalt 270 ja 1100 marjatera.

#### 2.3.4 Optimaalne marjahulk kudealal

Lõhe või meriforelli populatsiooni marjaproduktiooni arvutamiseks saab kasutada kudema suunduvate emaskalade arvu. Kudejate kehakaalust on võimalik tuletada emaskalade absoluutse viljakuse ning sellest lähtuvalt sigimisalale koetavate marjaterade koguarvu. Võttes arvesse kudemiseks sobiliku sigimisala pindala ning kudealale koetavate marjaterade koguarvu, saab leida marjaterade hulga kudeala pindalaühiku kohta. Leitud andmete põhjal saab omakorda anda hinnangu, kas koetud marja hulk on piisav, et moodustuks arvukas noorkalade põlvkond (Hindar 2011; Klemetsen *et al.* 2003).

Optimaalset vajalikku marjaterade arvu sigimisala kohta on võimalik üldistada erinevatele kudejõgedele. Elsoni (1975) väitel on optimaalne marjaterade hulk ruutmeetri kohta keskmiselt 2,4 marjatera, olenemata kudepaiga ja emaslõhede rände iseärasustest. See on vähim marjahulk, mille tõttu on jões piisav smoldiproduktioon (3–5 smolti 100 m<sup>2</sup> kohta). Symons (1979) leidis, et 2,2 marjatera on vajalik ruutmeetri kohta selleks, et kaheaastaste noorkalade asustustihedus oleks maksimaalne (5 smolti 100 m<sup>2</sup> kohta). Suhteline viljakus, mida Symons kasutada soovitas, oli 1650-1750 marjatera kilogrammi kohta.

Siiski erinevate jõgede kohta on leitud suhteliselt varieeruvaid andmeid. Buck ja Hay (1985) leidsid, et Gironock Burnis on elujõulise lõhepopulatsiooni säilitamiseks vajalik 3,4 marjatera ruutmeetri kohta. Croizer *et al.* (2003) käsitles 70 Inglismaa lõhejõge. Analüüsi kaasati ka kolm andmerikast lõhejõge. Keskmiseks optimaalseks marja tiheduseks saadi 4,4 marjatera ruutmeetri kohta. O Maoileidigh *et al.* (2004) uurimistöö näitas, et Iirimaa lõhejõgedes keskmine optimaalne marjatihedus on 4,3 marjatera ruutmeetri kohta. Hindar *et al.* (2007) andmetel varieerus Norra kudejõgedes optimaalne marjatihedus 1 kuni 6 marjaterani. Enamikul käsitletud jõgedest oli optimaalne tihedus 2 kuni 4 marjatera ruutmeetri kohta.

## 2.4. Lõhe-ja meriforellivarude taastamine

### 2.4.1. Taastamismeetodid

Inimtegevuse tagajärjel on mitmed Euroopa ja Põhja-Ameerika lõhe ja forelli populatsioonid hävinud või nõrgenenud. Jõgede tõkestamine ja süvendamine, maaparandus, reostus ning ülepüük on peamisteks populatsioonide hävimise põhjusteks. Lõhe ja meriforelli populatsioonide taastamiseks on pakutud välja erinevaid meetmeid. Püügisurve vähendamiseks saab rakendada püügipiiranguid ning rändetakistuste mõju on võimalik vähendada kalapääsude rajamise teel. Kude-ja elupaiku on võimalik taastada parandades veekvaliteeti ning luues uusi koelmukohti. Lisaks elukeskkonna tingimuste parandamisele ja püügipiirangutele on oluliseks taastamismeetodiks noorjäre kasvatamine ning asustamine jõgedesse (Jonsson & Jonsson 2011).

Noorkalade asustamine on olnud enim kasutatav meetod lõhilaste populatsioonide taastamisel. Taastamistööde eesmärgiks on tagada populatsioonide iseseisev jätkusuutlik taastootmine. Noorjäre jõe asustamisel on positiivne efekt, kui järelkasvu arvukus jõgedes on potentsiaalsest arvukusest väiksem või kudeala kvaliteet on halvenenud. Arvesse tuleb võtta, et noorjäre kasvuala ei tohi olla rikutud (Jonsson & Jonsson 2011).

Lõhe ja meriforelli populatsioonide taastamise meetoditeks on vastsete, samasuviste noorjäre, vanemate tähnike, smoltide ja post-smoltide jõe asustamine. Vastsete asustamine on otstarbekas, kui kudeala jões on piiratud (Jonsson & Jonsson 2011). Tähnike asustamisel on eeliseks see, et noorkalu hoitakse kasvanduses võimalikult lühikest aega, mis vähendab adapteerumist sealsete tingimustega. Lisaks on üks või kaks suve jões elanud kala paremini kohastunud uue kasvualaga kui mõni aeg enne laskumist jõe asustatud smolt (Kesler *et al.* 2015). Smoltide ja post-smoltide ellujäämisprotsent on tihtipeale madal ning taastamistööde efektiivsus võib jääda madalaks. Taolisi noorkalu on otstarbekas asustada vaid läbimõeldud tegevuskavade raames (Jonsson & Jonsson 2011).

## 2.4.2. Põlula Kalakasvatuskeskuse tegevus

Alates 1997. aastast on Põlula Kalakasvatuskeskus asustanud lõhe noorjärke jõgedesse, kust looduslikud populatsioonid on praktiliselt välja surnud. Enne Põlula Kalakasvatuskeskuse käivitamist oli Eesti üheteistkümnest looduslikust lõhepopulatsioonist jätkusuutlikud vaid viis. Kudemine toimus Kunda, Loobu, Keila, Vasalemma ja Pärnu jões (Paaver *et al.* 2010). 1997. aastal käivitati Läänemere Kalanduskomisjoni (IBSFC) poolt lõhekava (Salmon Action Plan), mis nägi ette Läänemere lõhe looduslike asurkondade taastamise. Eesmärgiks oli 2010. aastaks suurendada ja taastada looduslikud asurkonnad jõgedes, kus liik varem esines (Paaver *et al.* 2010; Kesler *et al.* 2015).

Algselt asustati lõhekava raames noorjärke Selja, Pirita, Jägala ja Valgejõkke. 2002. aastal lisandus taastatavate asurkondade hulka Loobu jõe lõhepopulatsioon. Lisaks alustati lõhe asustamist 2005. aastal Purtse jões. Lõhe noorkalu on asustatud ka Narva jõkke, kus looduslik populatsioon 1950ndatel hävines. Narva lõhepopulatsioon koosneb praegu ainult kasvanduste kaladest. Jõe kasutati Põlula Kalakasvatuskeskuse sugukalade hankimiseks, kuid 2010. aastal mindi üle Kunda jõe päritolu sugukarja kasutamisele (Paaver *et al.* 2010).

Märgistamiseks kasutatakse Põlulas enamasti piisavalt suurtel kaladel rasvauime ära lõikamist. Ühesuvised kalad on rasvauime lõikamiseks liiga väikesed ning on seetõttu jõgedesse asustatud rasvauimega. Lisaks kasutatakse ka Carlini märgiseid (kala seljalihasesse traadiga kinnitatud numbri ja aadressiga plastlipik). Näiteks, 2010. aastal asustati Põlula Kalakasvatuskeskuse poolt kokku 4963 Carlini märgisega lõhe (Paaver *et al.* 2010).

Põlula Kalakasvatuskeskus on meriforelli noorjärke kasvanud alates 2001. aastast. Kudekarja uuendatakse Pudisoo jõe suudmest püütavate meriforellidega. Põlula Kalakasvatuskeskus on asustanud meriforelli Selja, Mustoja, Pudisoo, Loo, Pirita, Valgejõkke, Pühajõkke ning Loo ja Kaberla ojja (Kesler *et al.* 2015).

### 2.4.3. Pirita jõe lõhe ja meriforelli populatsiooni seisund

Pirita jõgi on osa Tallinna linna veevarustuse süsteemist ning jõe looduslik äravoolurežiim on rikutud juba 1920. aastate algusest. Veevarustuse jaoks vajalik vesi suunatakse Vaskjala hüdroosõlme kaudu Ülemiste järve. Jõe vooluhulga muutmine mõjus lõhe ja meriforelli populatsioonidele halvasti. 1966. aastal püüdsid harrastuskalamehed Pirita jõest 162 lõhet ja 18 meriforelli. Veehaarde valmimise ajaks (1970 a) looduslik sigimine peaaegu lakkas ning 1971. aastal püüti jõest 1 lõhe ja 1 meriforell. Samuti oli lõhe ja meriforelli noorjärede arvukus Pirita jões oli üheksakümnendatel väga väike (Kesler *et al.* 2015).

Lõhe olukord Pirita jões on järk-järgult paranenud. Noorkalade asustustihedust on püütud suurendada samasuviste lõhede jõkke viimisega. 2002.-2004. ja 2007. aasta sügisel asustati jõkke lõikamata rasvauimega samasuvised lõhed. Alates 2004. aastast on lõhe järelkasvu jões leidunud igal aastal. 2005. ja 2009. aastal oli samasuviste lõhede arvukus tavapärasest kõrgem. 2011. aastal oli samasuviste kalade arvukus madalaseisus, kuid järgnevatel aastatel noorkalade arvukus tõusis. 2013. aastal oli samasuviste lõhe tähnikute keskmine asustustihedus jões rekordiliselt kõrge (38,3 is/100 m<sup>2</sup>) ning samuti oli 2014. aastal arvukus taas suhteliselt kõrge (Kesler *et al.* 2015).

Meriforelli arvukus Pirita jões on enamasti väga madal. Keskmiselt on jões asustustihedus alla 2 is/100 m<sup>2</sup>. Koelmuala on soojaveeline ning valdavalt avatud kallastega, mistõttu sobib lõhele paremini elu-ja kudepaigaks kui forellile. 2004. ja 2005. aastal meriforelli noorjärede jões ei leidunud, kuid alates 2006. aastast on samasuviseid forelle leitud igal aastal. 2007. aastal asustati samasuvist forelli, mis tingis 2008. aastal suure kahesuviste forellide asustustiheduse. Sarnaselt lõhele oli ka meriforelli noorjärede 2011. aastal tavapärasest vähem. 2012.-2014. aastani on noorkalade arvukus olnud üle pikaajalise keskmise (Kesler *et al.* 2015).

Lisaks noorjärede asustustiheduse määramisele on Pirita jões alates 2006. aastast hinnatud laskujate arvukust märgistamiskatsete abil. 2011. ja 2012. aastal oli meriforelli ja lõhe laskujate arv madal ning jäi alla 20 % võrreldes jõe potentsiaaliga. 2013. aastal oli laskujate hulk 56 % jõe potentsiaalst. Olukord võis tingitud olla aastasena laskuvate kalade suurest osakaalust (91%).

2014. aastal oli laskujate arv jätkuvalt kõrge moodustades 51% potentsiaalsest võimalikust (Kesler *et al.* 2015).

Pirita jõkke on lõhepopulatsiooni olukorra parandamiseks asustatud lõhe noorjärke. 2004. ja 2007. aastal asustati Pirita jõkke Põlula samasuvist lõhe. Alates 2005. aastast on jõkke viidud igal aastal vanemat lõhe. Näiteks, 2011. aastal asustati 4000, 2012. aastal 6000, 2013. aastal 5200 ja 2014. aastal 5160 kaheaastast isendit (Kesler *et al.* 2015).

Nagu eelnevalt mainitud, on Pirita jõkke lastud meriforelli noorjärke. 2007. aastal asustati 17 000 samasuvist ning 2000 aastast noorkala. 2009. aastal lasti jõkke 11 000 ning 2010. ja 2011. aastal 10 200 samasuvist meriforelli. Viimastel aastatel pole meriforelli noorkalaid Pirita jõkke asustatud (Kesler *et al.* 2015).

### 3. Materjal ja metoodika

#### 3.1. Pirita jõgi

Uurimisalaks on Harjumaal asuv Pirita jõgi. Jõe pikkus on 105 km ning valgala katab 799 km<sup>2</sup>. Olulisemad lisajõed on Kuivajõgi, Tuhala jõgi, Angerja oja ja Leiva jõgi (lisa 1). Jõe alamjooksul asub Pirita jõeoru maastikukaitseala. Pirita jõgi on suhteliselt väikese languga. Jõe alamjooksu esimesel 15 km on jõe lang keskmiselt 2 m/km. Keskjooksul on keskmine lang 0,5 m/km (Järvekülg 2001). Pirita jõgi kuulub Tallinna veehaardesüsteemi. Kuna veehaarde tõttu ei saa Pirita alamjooksul otsest loodulikku äravoolu mõõta, on jõe hüdroloogiline uuritus olnud kesine. A. Loopmanni (1979) andmetel on aasta keskmine vooluhulk alamjooksul 5,0–7,0 m<sup>3</sup>/s, maksimaalne vooluhulk 130–160 m<sup>3</sup>/s ning minimaalne vooluhulk 0,1–0,4 m<sup>3</sup>/s. Pikaajaline rekonstrueeritud keskmine vooluhulk Kloostrimetsa vaatluspunktis on 6,7 m<sup>3</sup>/s (Tõnisson 2010). Jõe ülem-ja keskjooks on Paunküla hüdroosõlme ja Kosepaisjärve temperatuuri tõstva mõju tõttu parassoojased. Vaskjala paisust allavoolu on jõgi soojaveeline. Näiteks, soojematel perioodidel võib veetemperatuur alamjooksul tõusta üle 25 °C (Järvekülg 2001).

Esimeseks raskesti ületatavaks rändetõkkeks lõhele ja meriforellile on Vaskjala pais. Kõrge veetaseme korral võivad kudekalad paisust üle hüpata. Allavoolu paisu on lõhele kudemiseks sobilikke karestikke umbes 10 ha (lisa 1). Vastavat jõelõiku on hinnatud väga hea kuni kesise kvaliteediga sigimisalaks. Ülevalpool Vaskjala paisu on Kose-Uuemõisal kudeala 0,1 ha ja Kosel 0,4 ha (Kesler *et al.* 2015). Meriforellile on Pirita jões sigimisala ja noorjarkude kasvuala kogupindala suurus umbes 11,9 ha. Allpool Vaskjala paisu asub sellest 9,9 ha (lisa 1) (Kesler 2013).

#### 3.2. Sugukalade loendur

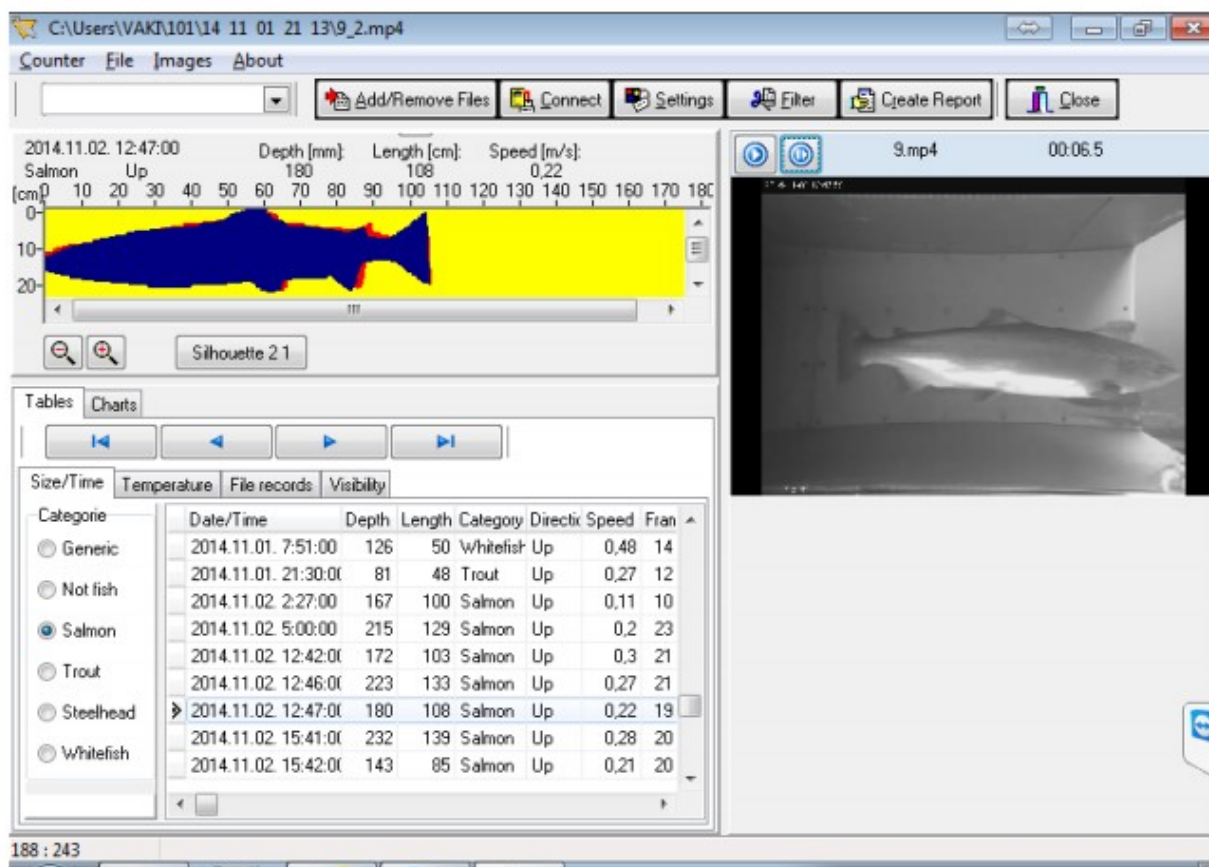
2014. aastal viidi Pirita jões esmakordselt läbi lõhe ja meriforelli sugukalade loendamine. Loendamine algas 12. augustil ning lõppes 22. novembril. Projekti peamiseks eesmärgiks on loendada Pirita jõkke kudema suunduvate lõhe ja meriforelli sugukalu ning määrata nende sooline ja vanuseline struktuur. Kalatõke paigutati Pirita jõe alamjooksule umbes 2,6 kilomeetri



kaugusele suudmest. Tõke koosneb üksteise suhtes paralleelselt paigutatud plastiktorudest vahedega 6,67 cm (foto 1; lisa 2). Kudekalad on enamasti pikemad kui 45 cm ja paksema kehaga kui 7 cm ning seetõttu saavad kudema suunduvad kalad üles- ja allavoolu liikuda ainult läbi tõkke keskele rajatud ava. Tõkke avasse paigaldati automaatne kaamera varustatud kalaloendur, mis loendab kõik avausest läbi rändavad kalad, mis on pikemad kui 35 cm. Loendur koosneb infrapunaskannerist ja kaameratunnelist (lisa 3). Infrapunaskanner jäädvustas igast loendurit läbinud kalast silueti ja mõõtis selle pikkuse. Lisaks salvestas kaamera silueti tegemise ajal videolõigu (joonis 1). Kogutud materjali alusel oli võimalik määrata kala liik, sugu, suurus ning hinnanguline vanus. Samuti sai eristada looduliku päritoluga kalasid Põlula Kalakasvatusteskuse poolt asustatud kaladest, kuna asustatud kaladel on rasvauim ära lõigatud. Kaamera oli kaasas ka tarkvara, mis automaatselt arvutas kalade pikkuse. Andmed kaalu kohta saadi vastava valemiga, mille aluseks oli võetud Tallinna lähel varasematel aastatel püütud kalade pikkuse ja kaalu suhe.



Foto 1. Vaade Pirita jõe sugukalade loendurile (foto autor Martin Kesler).



Joonis 1. Pilt kalaloenduri andmebaasist. Tabeli iga rida tähistab loendurit läbinud objekti. Reale liikudes kuvatakse objektist siluetid ja video (pildi autor Martin Kesler).

### 3.3. Andmeanalüüs

Statistilise andmeanalüüsi jaoks kasutati parameetrilisi ja mitteparameetrilisi meetodeid. Analüüsis kasutati lisaks loenduri andmetele Piritä jõe Kloostrimetsa vaatluspunkti ööpäeva keskmisi vooluhulkasid ja veetemperatuurisid. Uuriti, kas muutus vooluhulgas või veetemperatuuris tõi kaasa muutuse jõkke tõusvate kalade voos. Päevas jõkke tõusvate kalade arvu, vooluhulga ja veetemperatuuri andmetes esines autokorrelatsioon ning selle kõrvaldamiseks kasutati Single Series ARIMA analüüsi. Edasi uuriti andmeid korrelatsiooni ja regressiooni analüüsides. Arvestati ka seda, et kalad võivad muutustele reageerida kuni kahepäevase viibega. T-testiga uuriti jõkketõusu aja seost kalade vanuse, soo ja päritoluga. Looduslike ja kasvanduse

lõhede jõkketõusu ajad tõsteti ruutu selleks, et saavutada normaaljaotus. Lisaks kasutati t-testi kalade pikkuste analüüsiks. Meriforelli kudeaja ja soo vaheliseks analüüsiks kasutati Kruskal-Wallise testi. Jõkke tõsusu aja ja kalade suuruse vaheliseks analüüsiks kasutati Spearmani korrelatsiooni. Analüüside teostamiseks rakendati STATISTICA 12 programmi.

2014. aasta sügisel Pirita jõkke kudema suunduvate meriforelli ja lõhe sugukalade potentsiaalse koetava marja koguse arvutamise aluseks võeti sugukalade loenduri andmed emaskalade arvu ja pikkuse kohta. Kudekalade hinnanguline kaal saadi kasutades Martin Kesleri ja Lauri Saksa poolt koostatud valemit ( $W = -21,67 \cdot L + (0,027 \cdot (L \cdot L)) + 5713,184$ ). Vastvas valemis on W kudekalale antud hinnanguline kaal ning L jõkke tõusnud kudekala pikkus. Valemi aluseks on varasematel aastatel Tallinna lähel püütud kalade pikkuse ja kaalu andmed. Lisaks kasutati eelnevalt mainitud statistilistes analüüsides sugukalade hinnangulisi vanuseid, mille määras Martin Kesler. Sugukalade vanuse määramise aluseks olid Tallinna lahe saakidest kogutud soomuseproovid.

Hinnangulist emaskalade kogukaalu ning viljakusnäitajaid kasutades leiti kudealale potentsiaalselt koetava marja kogus. Täpsed andmed Pirita jõe sugukalade suhtelise viljakuse kohta puuduvad ning seega tuli kasutada koetava marja koguse arvutamiseks teiste uurimistööde lõhe ja meriforelli emaskalade viljakuse andmeid. Rannak *et al.* (1983) andmetel on Pirita jõe lõhede keskmine viljakus 1 kg kohta ca 1100 marjatera. Tegemist on tarbeviljakusega, mis nagu eelnevalt mainitud on emaskalalt marja lüpsmise teel kätte saadud marjaterade arv. Lisaks pole kõiki marjateri võimalik emaskalast välja lüpsta (Rannak *et al.* 1983; Jakobsen *et al.* 2009). Seega on tarbeviljakus suhtelisest viljakusest väiksem, mistõttu pole ainult Rannaku andmetele toetuda otstarbekas. Sigimis-ja elupaikade pindala (Kesler *et al.* 2013; Kesler *et al.* 2015) ja hinnangulise marjakoguse alusel leiti marjaterade hulk kudeala pindalaühiku kohta.

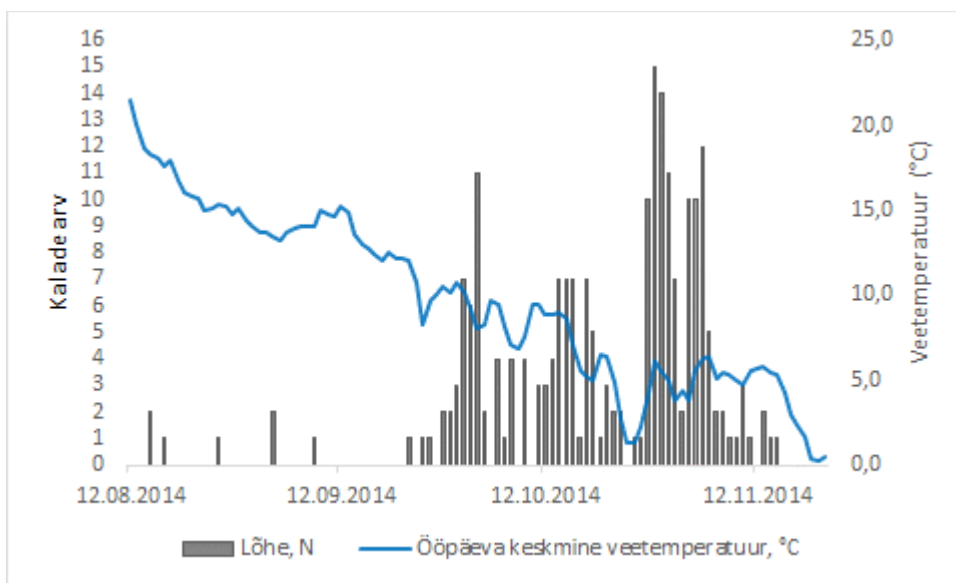
Lisaks anti hinnang Pirita jõe lõhe ja meriforelli populatsiooni mere-ellujäämusele. Analüüsiks kasutati loenduri ja 2008-2014 aasta laskujate arvukuse andmeid. Kuna alates 2012. aastast hinnangud Põlula päritolu laskujate kohta puuduvad, on asustatud kalade mere-ellujäämuse hinnangu aluseks võetud 2009-2014 aasta jõkke viidud kaheaastaste noorkalade arvukus. Teades, millisest merre rännanud kohordist sugukalad pärinesid, oli võimalik anda üldkaudne hinnang, mitu protsenti Pirita jõest merre rännanud noorkaladest jõudis täiskasvanuna jõkke kudema.

## 4. Tulemused

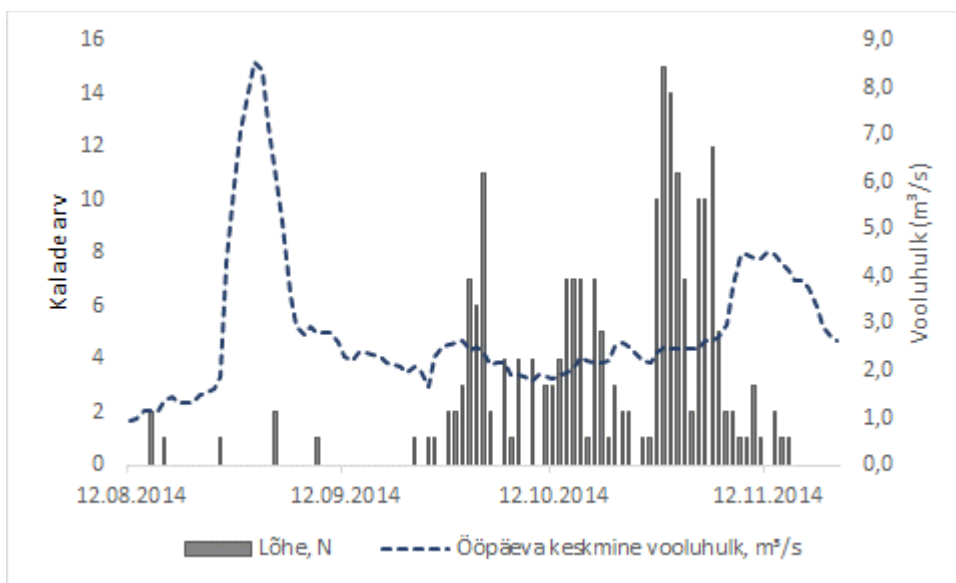
Kalaloendurit läbis 191 loodusliku päritolu (106 emast ja 85 isast) ning 28 Põlula päritolu lõhe (13 emast ja 15 isast) (lisa 4). Loodusliku päritolu lõhede hulgas oli sugude suhe (1:1,25) emaste kasuks. Samas asustatud kalade puhul olid isased ülekaalus (0,86:1). Väikseimad loendurit läbivad lõhed olid 39 cm pikad ja 0,5 kg kaaluvad isaslõhed. Suured isendid (üle 115 cm) moodustasid kogu kudekarjast 33,3 %. Suurim loendurist läbi ujununud lõhe oli 145 cm pikk ja ligikaudu 31 kg kaaluv emaslõhe. Pirita kudekarja isaslõhede keskmine pikkus oli 83,6 cm ja emaslõhede pikkus oli 114,1 cm ning seega olid isaslõhed emastest 1,4 korda väiksemad. Isaste ja emaste lõhede pikkuste vahel oli statistiliselt oluline erinevus ( $t=13,9$ ;  $df=218$ ;  $p<0,01$ ). Põlula päritolu kalade keskmine pikkus (104,4 cm) oli looduslikest (99,4 cm) mõnevõrra suurem. Kasvanduse ja looduslike lõhede pikkustes statistiliselt olulist erinevust ei leitud ( $t=1,1$ ;  $df=218$ ;  $p=0,27$ ).

Meriforelli sugukalu oli kokku 21 (12 emast ja 9 isast) (lisa 5). Ära lõigatud rasvauimega kudekalasid ei täheldatud. Vastavalt oli sugude suhe emaste kasuks (1:1,3). Väikseim loendurit läbinud sugukala oli 39 cm pikk ja ligikaudu 0,7 kg kaaluv emaskala ning suurim 94 cm ja hinnanguliselt 9,2 kg kaaluv emaskala. Emaste meriforellide keskmine pikkus oli 81,9 cm ja isaste keskmine pikkus 57,9 cm. Sarnaselt lõhepopulatsioonile oli emaste ja isaste meriforellide pikkustes erinevus ( $t=3,9$ ;  $df=21$ ;  $p<0,01$ ).

Lõhe sugukalade ränne Pirita jões algas 15. augustil ja lõppes 15. novembril. Esimesed looduslikud lõhed sisenesisid jõkke augustis ning esimesed Põlula päritolu kalad septembri lõpus. Asustatud ja looduslike kalade jõkketõusu ajas esines oluline erinevus ( $t=2,13$ ;  $df=217$ ;  $p=0,03$ ). Looduslike lõhede emaste ja isaste jõkketõusu ajas leiti erinevus ( $t=-3,09$ ;  $df=189$ ;  $p=0,002$ ). Samas asustatud kaladel vastavat olulist seost ei esinenud ( $t=-0,65$ ;  $df=26$ ;  $p=0,52$ ). Jõkketõus toimus veetemperatuuridel 1,3–18,3 °C ja vooluhulkadel 1,1–6,0 m<sup>3</sup>/s. Intensiivseim jõkketõus võttis aset temperatuuridel 4–10 °C (joonis 2) ja vooluhulkadel 2–3 m<sup>3</sup>/s (joonis 3).

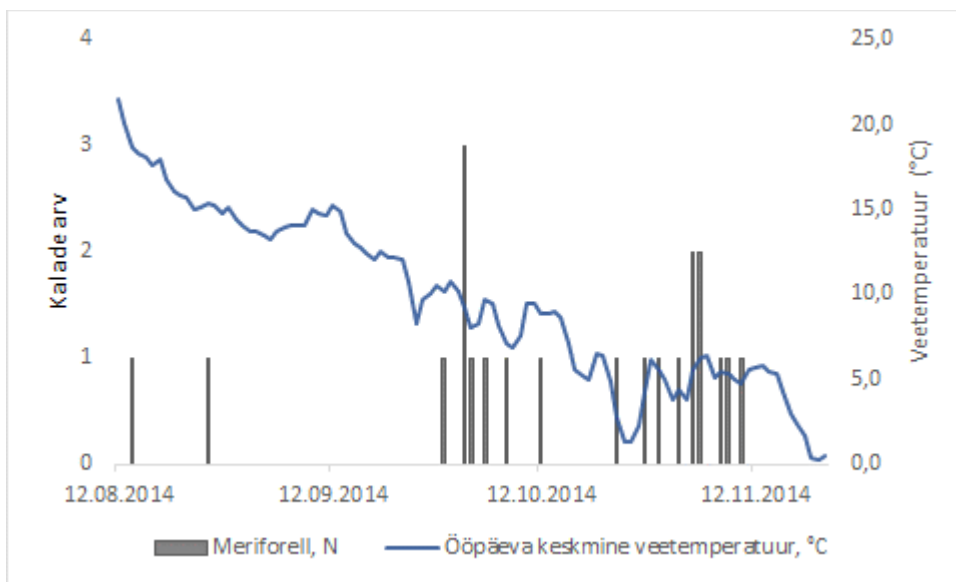


Joonis 2. 2014. aasta sügise Pirita jõe lõhe kudekalade arv päevas võrrelduna ööpäeva keskmiste veetemperatuuridega.

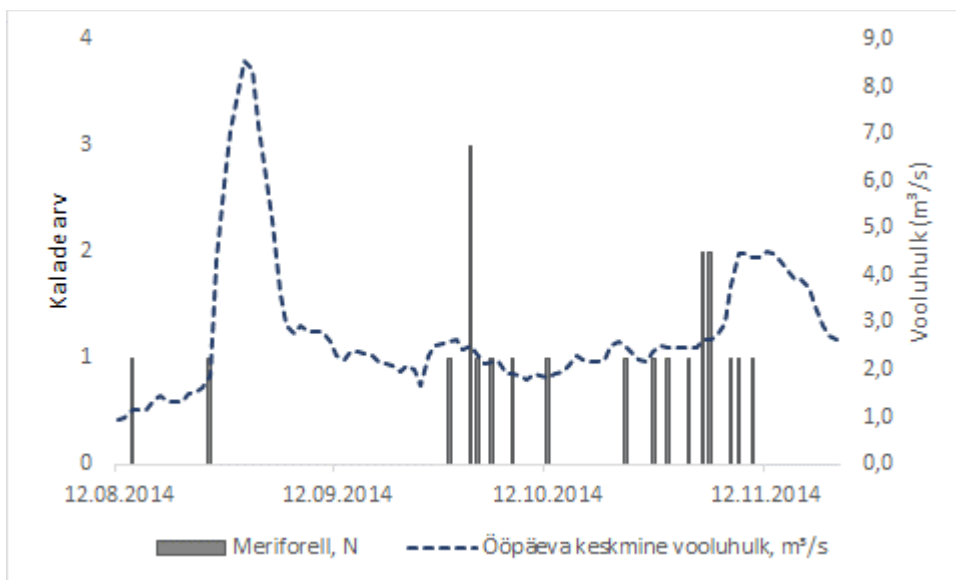


Joonis 3. 2014. aasta sügise Pirita jõe lõhe kudekalade arv päevas võrrelduna ööpäeva keskmiste vooluhulkadega.

Meriforelli kuderänne Pirita jões algas 30. septembril ja lõppes 13. novembril. Isaste ja emaste forellide jõkketõusu ajas olulist erinevust ei leitud (Kruskal-Wallise test:  $H(1, N=21)=0,46$  ja  $p=0,49$ ). Meriforellil toimus jõkketõus veetemperatuuri vahemikus 4,7–18,3 °C (joonis 5) ja vooluhukadel 1,15–4,39 m<sup>3</sup>/s (joonis 6).



Joonis 5. 2014. aasta sügise Pirita meriforelli kudekalade arv päevas võrrelduna ööpäeva keskmiste veetemperatuuridega.



Joonis 6. 2014. aasta sügise Pirita meriforelli kudekalade arv päevas võrrelduna ööpäeva keskmiste vooluhukadega.

Rände uurimisel leiti, et lõhede suuruse ja jõkketõusu aja vahel esines statistiliselt oluline korrelatsioon ( $r_s = 0,29$ ;  $N=220$ ;  $p < 0,01$ ). Meriforelli sugukalade suuruse ning jõkketõusu aja vahel statistiliselt olulist korrelatsiooni ei täheldatud ( $r_s = -0,24$ ;  $N=21$ ;  $p = 0,29$ ). Nooremate (0+ ja 1+) ja vanemate (>2+) isaskalade jõkketõusu aja vahel leiti erinevus ( $t = -4,58$ ;  $df=98$ ;  $p < 0,01$ ). Analüüsiks kasutati isaskalade andmeid, kuna ainult isaslõhedel esines vastav vanuseline jaotus.

Vooluhulga olulist mõju lõhe kudekalade jõkketõusule ei leitud arvestades ka ühe- ja kahepäevast viibeaega. Veetemperatuuril oli lõhe kudekalade jõkketõusule oluline mõju ühe päevase viibeaaja korral (tabel 1). Meriforellil vastavaid seoseid ei leitud (tabel 2).

Tabel 1. 2014. aasta sügise põhjal vooluhulga ja veetemperatuuri mõju Pirita jõe lõhe kudekalade jõkketõusule. Kasutatud on regressiooni analüüsi ning arvestatud ühe-ja kahepäevast viibeaega.

<b>Vooluhulk</b>	<b>b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Viibeajata	-0,27	0,002	1	0,14	0,7
Ühepäevase viibeaajaga	0,09	0,0001	1	0,02	0,9
Kahepäevase viibeaajaga	0,22	0,0008	2	0,08	0,8
<b>Veetemperatuur</b>	<b>b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>df</b>	<b>F</b>	<b>p</b>
Viibeajata	0,27	0,008	1	0,78	0,4
<b>Ühepäevase viibeaajaga</b>	<b>0,69</b>	<b>0,05</b>	<b>1</b>	<b>5,4</b>	<b>0,02</b>
Kahepäevase viibeaajaga	-0,21	0,005	2	0,48	0,5

Tabel 2. 2014. aasta sügise põhjal vooluhulga ja veetemperatuuri mõju Pirita jõe meriforelli kudekalade jõkketõusule. Kasutatud on Spearmani ning arvestatud ühe-ja kahepäevast viibeaega.

<b>Vooluhulk</b>	<b>rs</b>	<b>N</b>	<b>p</b>
Viibeajata	0,14	103	0,16
Ühepäevase viibeaajaga	-0,04	102	0,67
Kahepäevase viibeaajaga	-0,11	101	0,26
<b>Veetemperatuur</b>	<b>rs</b>	<b>N</b>	<b>p</b>
Viibeajata	0,02	103	0,85
Ühepäevase viibeaajaga	-0,02	102	0,87
Kahepäevase viibeaajaga	-0,1	101	0,28

Hinnanguliselt saadi emaslõhede kogukaaluks 1990,8 kg. Sellest 234 kg moodustas Põlula kudekalade kogukaal. Kuna kudekalade kogukaalu alusel määratakse koetava marja hulk, siis seega võib väita, et asustatud kalade mari moodustab koetavast marjast 12,2 %. Erinevate emaskalade viljakuse andmete põhjal varieerus 2014. aasta sügisel potentsiaalselt koetava marja kogus 2 189 880–3 738 722 marjaterani. Meriforelli emaskalade hinnanguline kogukaal oli 62,8 kg. Potentsiaalselt koetava marja kogus oli 139 878–232 360 marjatera. Pirita jõe alamjooksul on lõhele sobivaid sigimis- ja noorkalade elupaiku 100 000 m<sup>2</sup> ning seega koetava marja kogus ühe 1 m<sup>2</sup> elupaiga kohta oleks kasutatud andmete põhjal 21,9–37,4 marjatera. Meriforellile on Pirita jões sigimisala ja noorjarkude kasvuala kogupindala suurus 119 000 m<sup>2</sup> ning seega marjaterade arv 1 m<sup>2</sup> elupaiga kohta oleks hinnanguliselt 1,2–2,0 marjatera (tabel 3).



Tabel 3. Lõhe ja meriforelli viljakuse näitajad ning nendele vastavad potentsiaalselt koetava marjaterade koguarvud ja marjaterade arvud 1m<sup>2</sup> kudeala kohta.

	Viljakus (1 kg kehakaalu kohta)	Allikas (viljakus)	Potentsiaalselt koetava marja koguarv Pirita jões	Marjaterade arv 1m <sup>2</sup> kudeala kohta Pirita jões
Lõhe	1100 marjatera (tarbeviljakus)	Rannak <i>et al.</i> (1983)	2 189 880	21,9
	1100–1200 marjatera (suhteline viljakus)	Karlsson & Karlstörn (1994)	2 89 880– 2 388 960	21,9–23,9
	1450 marjatera (suhteline viljakus)	Hindar <i>et al.</i> (2011)	2 886 660	28,9
	1602–1878 marjatera (suhteline viljakus)	Moffett <i>et al.</i> (2006)	3 189 262– 3 738 722	31,9–37,4
Meriforell	2300–3700 marjaera (suhteline viljakus)	Rannak <i>et al.</i> (1983)	144 440– 232 360	1,2–2,0
	2051 marjatera (suhteline viljakus)	Caballero <i>et al.</i> (2006)	139 878	1,2

Ühe aasta tulemuste põhjal on mere-ellujäämust looduslike kalade puhul keeruline hinnata. Sugukalad pärinesid viimase kuue-seitsme kevade jooksul merre laskunud noorkalade kohordist ning igal kohordil võib mere-ellujäämus olla erinev. Siiski üldistades võib öelda, et erinevatest kohortidest smoldina merre laskunud looduslikest lõhedest jõuab Pirita jõkke tagasi 0,04–3,22%. Põlula asustatud noorkaladest jõudis täiskasvanuna kudema 0,02–0,25%. Meriforelli looduslikest laskujatest naasis täiskasvanuna kudema 0,09–1,15 % (tabel 4).

Tabel 4. Pirita jõe täiskasvanuna kudema jõudnud sugukalade % noorkalade arvust loodusliku ja asustatud lõhi ning meriforelli näitel. Vastavalt on 0+ ühe suve meres elanud ning 1+ kaks suve meres elanud sugukalad. Kasutatud on TÜ Eesti Mereinstituudi lõhe ja meriforelli töörühma poolt kogutud Pirita jõe laskujate arvukuse andmeid, 2014. aasta sügise Pirita jõe sugukalade loenduri andmeid ning Põlula Kalakasvatuskeskuse asustusandmeid.

Looduslik lõhe	Laskujate arv	Meres veedetud aeg	Sugukalade arv	Täiskasvanuna kudema jõudnud Pirita jõe sugukalade % noorkalade arvust.
	5139 ( $\pm 582$ SE) (2014 a)	0+	2	0,04
	5581 ( $\pm 868$ SE) (2013 a)	1+	40	0,72
	1860 ( $\pm 243$ SE) (2012 a)	2+	49	2,63
	1584 ( $\pm 483$ SE) (2011 a)	3+	51	3,22
	8468 ( $\pm 1335$ SE) (2010 a)	4+	31	0,37
	5700 ( $\pm 320$ SE) (2009 a)	5+	18	0,32
Asustatud lõhe	Pirita jõkke asustatud 2 aastate noorkalade arv			
	5160 (2014 a)	0+	1	0,02
	5200 (2013 a)	1+	5	0,096
	6000 (2012 a)	2+	3	0,05
	4000 (2011 a)	3+	10	0,25
	6000 (2010 a)	4+	4	0,07
	15100 (2009 a)	5+	5	0,03
Meriforell	Laskujate arv			
	260 ( $\pm 68$ SE) (2014 a)	0+	3	1,15
	1769 ( $\pm 451$ SE) (2013 a)	1+	3	0,17
	766 ( $\pm 147$ SE) (2012 a)	2+	8	1,04
	832 ( $\pm 247$ SE) (2011 a)	3+	2	0,24
	2301 ( $\pm 432$ SE) (2010 a)	4+	2	0,09
	2138 ( $\pm 542$ SE) (2009 a)	5+	2	0,09
	884 ( $\pm 233$ SE) (2008 a)	6+	1	0,11

## 5. Arutelu

Pirita jõgi liigitub väikese vooluhulgaga jõgede sekka (keskmine vooluhulk  $<10\text{m}^3/\text{s}$ ). Väikestel jõgedel võib kuderänne mõjutatud olla suvisest madalveeperioodist ning seega on lähedal jõkketõusuks taolistes jõgedes vaja suurveeperioodi (Jonsson & Jonsson 2011). Käesolevas töös seost vooluhulga ja jõkke tõusvate kalade arvu vahel ei leitud, kuigi käsitletud kirjanduse põhjal mõjutab vooluhulk jõkketõusu enim. Lisaks oli tegemist ka tavapärasest madalama vooluhulgaga sügisega. Smith *et al.* (1994) uurimistöös korreleerus jõkke sisenevate kalade arv vooluhulga just tavapärasest madalama vooluhulgaga aastatel. Pirita jões moodustasid üle 1 meetri pikkused isendid kolmandiku kudekarjast. Taolised isendid on väikese Pirita jõe kohta üpriski suured, mis andis veelgi enam põhjust arvata, et Pirita jões on kuderändeks vajalik suurenenud vooluhulk. Kuigi suured lõhejõed ei pruugi väikeste jõgedega olla võrreldavad, on mitmeid uurimistöid, kus sarnaselt praegusele tööle olulist korrelatsiooni pole täheldatud (Thorstad & Heggberget 1998; Lilja & Romakkaniemi 2004; Thorstad *et al.* 2003, Karppinen *et al.* 2004; Davidsen 2013). Käsitletud uurimistöös võis seos suure vooluhulga tõttu leidmata jääda (Jonsson & Jonsson 2011). Pirita jõgi on väikese vooluhulgaga jõgi ja lisaks oli tegemist tavapärasest madalama vooluhulgaga sügisega ning seega puudus võimalus, et suure vooluhulga tõttu korrelatsiooni ei täheldatud.

Oluliseks faktoriks osutus hoopiski veetemperatuur. Aktiivseim ränne toimus temperatuuridel 4–10 °C, mis on tunduvalt väiksem Jonsson *et al.* (2007), Moore *et al.* (2012) ning Lilja & Romakkaniemi (2004) uurimistöös leitud tulemustest. Samuti toimus intensiivseim jõkketõus oktoobris–novembris. Arvestades, et kudemine toimub enamjaolt oktoobris–novembris 5–6 °C juures (Rannak *et al.* 1983) võib väita, et jõkketõus toimus vahetult enne kudemist nagu seda on väikestes jõgedes täheldatud (Jonsson & Jonsson 2011).

Tulemustest võis järeldada, et suuremad ja seega ka vanemad kudekalad sisenesid jõkke hiljem kui väiksemad ja nooremad lõhed. Tulemus on vastupidine seni tehtud uurimistöödele (Lilja & Romakkaniemi *et al.* 2004; Thorstad *et al.* 2003, Karppinen *et al.* 2004; Niemelä *et al.* 2006; Jonsson *et al.* 2007). Võimalik, et suured kudekalad on vähem riskialtimad, nende suurema reproduktsiooniväärtuse tõttu. Väikeses jões on suured kalad kergelt märgatavad ning seega on

neil otstarbekas jõkke võimalikult hilja siseneda. Samuti lühike kuderänne, võimaldab hilist jõkketõusu. Looduslikud isaskalad sisenesid jõkke varem kui emaskalad, mida toetab ka Flemingi (1996) uurimistöö. Samas isaslõhed olid emasest väiksemad. Võttes seda arvesse, pidid väiksemad isendid nii emaste kui ka isaste kudekalade hulgast varem jõkke sisenema. Põlula lõhede jõkketõus algas mõnevõrra hiljem kui looduslikel lõhedel. Põhjuseks võib olla tihedamad üles-allajõge liikumised (Kennedy *et al.* 2013) ning seda eriti jõesuudme juures. Arvestades loenduri kaugust jõesuudmest on väheusutav, et kudekalad teevad taolises jõelõiguspikemaid peatusi ning tihedaid üles-allavoolu liikumisi.

Meriforelli puhul ei täheldatud olulist seost nii vooluhulga kui ka veetemperatuuri korral. Samuti puudus statistiliselt oluline korrelatsioon kudeaja ning kudekalade suuruse ja vanuse vahel. Põhjuseks võib olla kudekalade liiga väike arv. Samuti võivad meriforelli kudekalad jõkke siseneda sobivatel tingimustel olenemata aastaajast (Went 1962). Lisaks pole Pirita jõe meriforelli populatsioonil pikka kuderännet tarvis ette võtta. Seega on jõkketõusu mõjutavate faktorite uurimine komplitseeritud.

Käsitletud kirjanduse põhjal võib optimaalne marjaterade hulk kudejõgedes olla väga erinev. Lõhepopulatsioonide optimaalseks marjaterade hulgaks on pakutud Iirimaal keskmiselt 4,3 (O Maoileidigh *et al.* 2004), Inglismaal 4,4 (Corizer *et al.* 2003), Norras 1–6 (Hindar *et al.* 2007) ning Šotimaal 3,4 (Buck & Hay 1984) marjatera 1 m<sup>2</sup> kohta. Vähimat suhtelist viljakust kasutades saadi Pirita jões 1 m<sup>2</sup> elupaiga kohta 21,9 marjatera. Kuigi erinevate piirkondade jõed ei pruugi olla omavahel võrreldavad, saab käsitletud andmete põhjal väita, et 2014. aasta sügisel kudema suunduvate Pirita jõe lõhepopulatsiooni sugukalade hulk oli piisav selleks, et 2015. aastal moodustuks arvukas järglaskond. Arvestades, et Põlula Kalakasvatusekeskuse asustatud kalad panustaksid 12,2 % koetavast marjast, on alust arvata, et koetava marja hulk tugeva põlvkonna kujunemiseks on piisav ka ainult looduslike kalade kudemisel. Lisaks jõuab täiskasvanuna Pirita jõkke kudema vaid 0,02–0,25 % asustatud kaladest. Seega võib väita, et noorkalade asustamine pole eriti efektiivne. Looduslikest kaladest jõuab kudema 0,04–3,22 %. ICES (Anon 2014) hinnangu järgi on lõhe looduslik ellujäämus Läänemeres (enne kalandussuremust) suurusjärgus 20% ning sellest järeldub, et püügisurve Pirita jõe loodulikele kaladele on märkimisväärne. Tegemist on geneetilise mitmekesisuse seisukohast väärtusliku

populatsiooniga ning seega vajab Pirita jõe genofond eraldi säilitamist ja kaitset. Tähtis on tagada Pirita lõhepopulatsiooni võimalikult hea seisund vähendades püügisurvet ning suurendades asustamise efektiivsust.

Võrreldes lõhega on meriforelli marjaterade arv 1 m<sup>2</sup> kudeala kohta tunduvalt väiksem (1,2–2,0 marjatera). Kuna käsitletud kirjanduse alusel on keskmise optimaalse marjaterade hulga hinnanguid põhiliselt tehtud lõhepopulatsioonide kohta, on hinnangut 2015. aasta populatsiooni arvukusele keeruline anda. Siiski kõrvutades vastavaid andmeid ning teades, et meriforelli looduslikest merre rännanud noorkaladest jõudis jõkke tagasi kudema 0,09–1,15 %, on alust arvata, et sugukalade hulk arvukaks põlvkonnaks on liialt väike. Pirita jõe meriforelli populatsioon elutseb mereeluperioodil Põhja-Eesti rannikulähedastes vetes ning seega püügisurve määrab kui palju kalu kudemisikka jõuab (Pihu 1987). Kuna täiskasvanuna kudema suunduvate meriforellide protsent on väike, näib püügisurve meriforellile Eesti põhjarannikul olevat väga suur. Püügisurve on seega Pirita jõe meriforelli madala arvukuse peamine põhjus.

## 6. Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärkideks oli välja selgitada Pirita jõe lõhe ja meriforelli populatsiooni kuderände eripärad uurides kudekalade jõkketõusu aega ning jõkketõusu mõjutavaid faktoreid. Samuti anti hinnang Pirita jõe lõhe ja meriforelli mere-ellujäämusele ning hinnati, kas jõkke suunduvate kudekalade arv on piisav tagamaks 2015. aastaks tugev lõhe ja meriforelli põlvkond. Sealhulgas uuriti, kas Põlula Kalakasvatusteskuse noorjarkude asustamine Pirita jõkke on olnud efektiivne.

Magistritöö põhines peamiselt 2014. aasta sügisel Pirita jõkke paigutatud sugukalade loenduri andmetel. Statistiliste analüüsidega uuriti vooluhulga ja veetemperatuuri mõju kudekalade jõkketõusule ning jõkketõusu aja seost kalade vanuse, soo ja päritoluga. Lisaks leiti hinnangulise marjakoguse alusel marjaterade hulk Pirita jõe kudeala pindalaühiku kohta. Samuti leiti Pirita jõkke täiskasvanuna kudema jõudnud sugukalade % noorkalade arvust.

Vastupidiselt kirjandusest leitud andmetele selgus, et suuremad ja vanemad lõhe kudekalad sisenesid kudealale hiljem kui väiksemad ja nooremad lõhed. Samuti selgus, et lõhe isaskalad sisenesid jõkke varem kui emaskalad. Asustatud ja looduslike kalade jõkketõusu ajas esines erinevus. Kirjanduse põhjal oli alust arvata, et jõkketõusu mõjutab enim vooluhulk. Siiski lõhe kudekalade jõkketõusul osutus oluliseks faktoriks veetemperatuur.

Täiskasvanuna kudema jõudnud Pirita jõe sugukalade % noorkalade arvust oli küllaltki väike nii lõhe kui ka meriforelli korral. Siiski looduslike lõhe sugukalade arv oli piisav selleks, et 2015. aastal moodustuks Pirita jões arvukas lõhe järglaskond. Tugev põlvkond moodustuks ka ilma asustatud kalade kudemiseta. Selgus, et püügisurve Pirita jõe looduslikele lõhedele on märkimisväärne. Samuti on püügisurve meriforelli populatsioonile väga suur ning peamiseks madala arvukuse põhjuseks. Pirita jõe lõhe ja meriforelli puhul on tegemist väärtuslike populatsioonidega. Oluline on tagada Pirita jõe lõhepopulatsiooni elujõulisus selleks, et kindlustada unikaalse genofondi säilimine. Tööst järeldub, et Pirita jõe lõhe ja meriforelli populatsiooni seisundi parandamiseks on vaja vähendada püügisurvet ning tõsta lõhe noorkalade asustamise efektiivsust.

## 7. Summary

### **Upstream migration and potential offspring production of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta* L.) in the River Pirita.**

The aim of this study is to determine factors controlling the river entry and the timing of the river entry in Atlantic salmon and sea trout population in the River Pirita. Another objective was to assess the survival at sea of Atlantic salmon and sea trout and the likelihood for numerous progeny for the year 2015. In addition to that Põlula Fish farming Center's stocking efficiency of salmon juveniles in the River Pirita was analyzed.

This paper was mainly based on the data from the fish counter installed in the River Pirita in autumn of 2014. Using statistical analysis effects of water temperature and flow on upstream migration was examined. Also effects of stock origin, fish size and age on the time of the river ascent were tested. In addition to that assessment of potential egg deposition and the percentage of returning spawners in the River Pirita were given.

On the contrary to the analyzed literature bigger and older salmon ascended the river later than smaller and younger salmon. Also male salmon entered the river earlier than female salmon. Additionally, there was a difference in the timing of river entry between wild and reared salmon. According to literature the primary factor influencing upstream migration is water flow. Surprisingly only water temperature had an important effect on the river entry.

The percentage of returning spawners was quite low for both salmon and sea trout. Despite that the number of returning spawners was sufficient in order to expect numerous progeny for the year 2015. This new generation would be strong even without hatchery-reared salmon contributing to spawning. Fishing pressure affecting Pirita salmon population is significant. Also fishing pressure affecting sea trout is quite high and the main reason for low stock. Salmon and sea trout population in the River Pirita are both valuable. It is important to preserve unique genofond of Pirita salmon. Thus, it is crucial to reduce fishing pressure and improve stocking in order to improve the condition of sea trout and salmon in the River Pirita.

## **8. Tänuavaldused**

Soovin tänada oma juhendajat, Martin Keslerit, soovitude ja näpunäidete eest töö ülesehituse ja sisu kohta. Lisaks soovin tänada Lauri Saksa statistiliste nõuannete eest. Samuti tänan Keskkonnaagentuuri Pirita jõe Kloostrimetsa jaama andmete eest.



## 9. Kasutatud kirjandus

- Abrahams M, Kattenfield M (1997) The role of turbidity as a constraint on predatory-prey interactions in aquatic environments. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 40: 169–174.
- Anon (2014) Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group. ICES C.M. 2014/ACOM:08.
- Armstrong J, Kemp P, Kennedy GJ, Ladle M, Milner N (2003) Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62: 143–170.
- Bardonnet A, Bagliniere J (2000) Freshwater habitat of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 57: 497–506.
- Bendall B, Moore A, Maxwell D, Davison P, Edmonds N, Archer D, Broad K (2012) Modelling the migratory behaviour of salmonids relation to environmental and physiological parameters using telemetry data. *Fisheries Management and Ecology* 19: 475–483.
- Buck RJG, Hay DW (1985) The relation between stock size and progeny of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a Scottish stream. *Journal of Fish Biology* 24: 1–11.
- Caballero P, Cobo F, González MA (2006) Life history of a sea trout (*Salmo trutta* L.) population from the north-west Iberian Peninsula (River Ulla, Galicia, Spain). In Harris G, Milner N (2006) *Sea Trout: Biology, conservation and management*. Blackwell Publishing 522 pp.
- Christensen O, Larsson PO (1979) Review of Baltic salmon research. ICES Cooperative Research Report 89. 124 pp.
- Crisp DT (1993) The environmental requirements of salmon and trout in fresh water. *Freshwater Forum* 3: 176–202.
- Cunjak R, Therrien J (1998) Inter-stage survival of wild juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Fisheries Management and Ecology* 5: 209–223.
- Crozier WW, Potter ECE, Prévost E, Schön PJ, Ó Maoiléidigh N (2003) A Coordinated Approach to the Development of a Scientific Basis for Management of Wild Atlantic Salmon in the North-East Atlantic (SALMODEL). Belfast, Northern Ireland: Queen's University of Belfast. 431 pp.
- Davidson JG, Thorstad EB, Halttunen E, Mitamura H (2013) Homing behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) during final phase 802: 794–802.
- Dahl J, Dannewitz J, Karlsson L, Petersson E, Löf A, Ragnarsson B (2004) The timing of spawning migration: implications of environmental variation, life history, and sex. *Canadian Journal of Zoology* 82: 1864–1870.
- Davies PE, Sloane RD (1987) Characteristics of the spawning migrations of brown trout, *Salmo trutta* L., and rainbow trout, *S. gairdneri* Richardson, in Great Lake, Tasmania. *Journal of Fish Biology* 31: 353–373.

- Dumas J, Prouzet P (2003) Variability of demographic parameters and population dynamics of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a South-west French river. ICES Journal of Marine Science 60: 356-370.
- Einum S, Fleming IA (1999) Maternal effects of egg size in brown trout (*Salmo trutta*): norms of reaction to environmental quality. Proceedings of the Royal Society London. 2095–2100 pp.
- Elson PF (1975) Atlantic salmon rivers smolt production and optimal spawning: an overview of natural production. International Atlantic Salmon Foundation Special Publication Service 6: 96–119.
- Enders EC, Boisclair D, Roy AG (2005) A model of total swimming costs in turbulent flow for juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 62: 1079–1089.
- Erkinaro J, Økland F, Moen K, Niemelä E, Rahiala, M (1999) Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: the role of environmental factors. Journal of Fish Biology, 55: 506–516.
- ЕвтюховаБК (1970) Некоторые закономерности динамики темпа роста и плодовитости балтийского лосося. Тр. Балт. НИИ рыб. 4 с. 284–338. In Rannak L, Arman J, Kangur M (1983) Lõhe ja meriforell. Valgus. Tallinn. 152 pp.
- Eyto E, White J, Boylan P, Clarke B, Cotter D, Doherty D, Higgins KO (2015) The fecundity of wild Irish Atlantic salmon *Salmo salar* L. and its application for stock assessment purposes. Fisheries Research 164: 159–169.
- Fiske P, Lund RA, Østborg GM, Fløystad L (2001) Rømt oppdrettslaks i sjø- og elvefisket i årene 1989–2000. NINA Oppdragsmelding 704:1–26.
- Fleming IA (1996) Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. Reviews in Fish Biology and Fisheries 6: 379–416.
- Gerlier M, Roche P (1998) A radio telemetry study of the migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta trutta* L.) in the upper Rhine. Hydrobiologia : 283–293.
- Handeland SO, Bjørnsson BT, Arnesen AM, Stefansson SO (2003) Seawater adaptation and growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) of wild and farmed strains. Aquaculture 220:367–384.
- Harris G, Milner N (2006) Setting the Scene – Sea Trout in England and Wales – A Personal Perspective. In Harris G, Milner N (2006) Sea Trout: Biology, conservation and management. Blackwell Publishing Ltd. 522 pp.
- Hawkins AD (1989) Factors affecting the timing of entry and upstream movement of Atlantic salmon in the Aberdeenshire Dee. School of Fisheries, University of Washington, Seattle, 101-105.
- Heggberget TG (1988) Timing of Spawning in Norwegian. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 45: 845–849.

- Heinimaa S, Heinimaa P (2004) Effect of the female size on egg quality and fecundity of the wild Atlantic salmon in the sub-arctic River Teno. *Boreal Environmental Resources* 9: 55–62.
- Hindar K, Hutchings JA, Diserud OH, Fiske PA (2011) Stock, recruitment and exploitation, pp. 299–331. In Aas Ø, Einum S, Klemetsen A, Skurdal J (Eds) *Atlantic Salmon Ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Jakobsen T, Fogarty M, Megrey B, Mokness E (2009) *Fish Reproductive Biology, Implications for Assessment and Management*. Wiley-Blackwell publishing, Chichester, UK. 100 pp.
- Jensen AJ (1968) Sea trout (*Salmo trutta* L.) of the river Istra, western Norway. Rep Institute for Freshwater Research Drottningholm 48: 187–213.
- Jensen AJ, Heggberget TG, Johnsen BO (1986) Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Vefsna, northern Norway. *Journal of Fish Biology* 29: 459–465.
- Johnsen BO, Jensen AJ, Økland F, Lamberg A, Thorstad EB (1998) The use of radiotelemetry for identifying migratory behaviour in wild and farmed Atlantic salmon ascending the Suldalslagen river in Southern Norway. In Jungwirth M, Schmutz S, Weiss S (1998) *Fish Migration and Fish Bypasses*. Blackwell Science, Oxford. 448 pp.
- Jonsson N, Jonsson B, Hansen LP (1990) Partial segregation in timing of migration of Atlantic salmon of different ages. *Animal Behaviour* 40: 313–321.
- Jonsson N, Jonsson B (1999) Trade-off between egg mass and egg number in brown trout. *Journal of Fish Biology* 55: 767–783.
- Jonsson B, Forseth T, Jensen AJ, Næsje TF (2001) Thermal performance of juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar* L. *Functional Ecology* 15:701–711.
- Jonsson N, Jonsson B (2002) Migration of anadromous brown trout *Salmo trutta* in a Norwegian river. *Freshwater Biology* 47: 1391–1401.
- Jonsson B, Jonsson N, Hansen LP (2007) Factors affecting river entry of adult Atlantic salmon in a small river. *Journal of Fish Biology* 71: 943–956.
- Jonsson B, Jonsson N (2009) A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*), with particular reference to water. *Journal of Fish Biology* 75: 2381–2447.
- Jonsson N, Jonsson B (2011) *Ecology of Atlantic salmon and brown trout*. Springer. 708 pp.
- Eesti jõed (toim. A. Järvekülg). 2001. Tartu. 716 lk.
- Järvi TH (1932) Syksyllä kutevien kalalajien mätimäärästä. 1. Merilohi. Suomen Kalastuslehti: 2, 7 pp. In Rannak L, Arman J, Kangur M (1983) *Lõhe ja meriforell*. Valgus. Tallinn. 152 pp.
- Karlsson L, Karlström Ö (1994) The Baltic salmon (*Salmo salar* L.): its history, present situation and future. *Dana* 10: 61–85.
- Karppinen P, Erkinaro J, Niemelä E, Moen K, Økland F (2004) Return migration of one-sea winter Atlantic salmon in the River Tana. *Journal of Fish Biology* 64: 1179–1192.

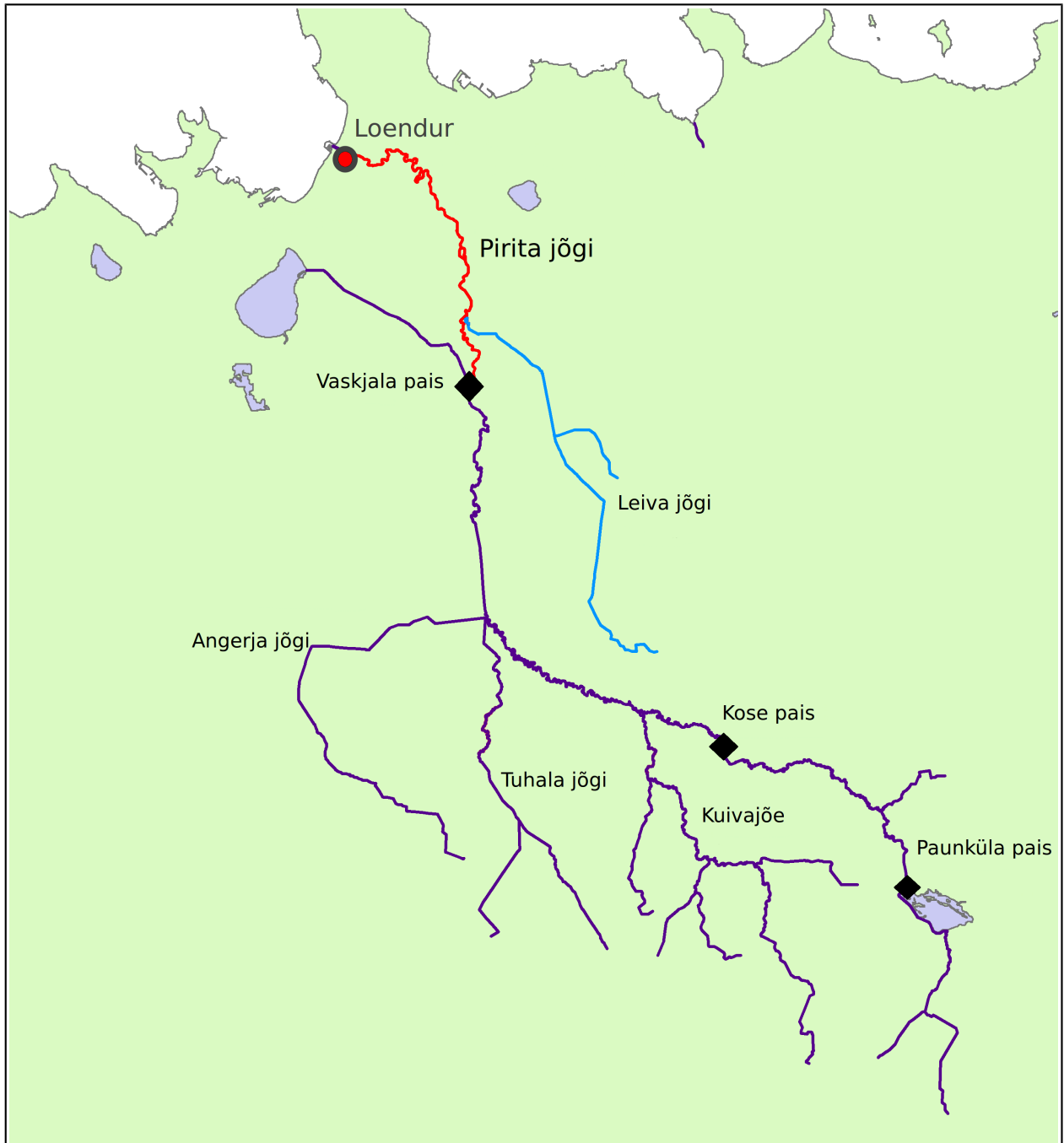
- Kennedy R J, Moffett I, Allen MM, Dawson SM (2013) Upstream migratory behaviour of wild and ranched Atlantic salmon *Salmo salar* at a natural obstacle in a coastal spate river. *Journal of Fish Biology* 83: 515–30.
- Kesler M, Taal I, Svirgsden R (2013) Lõhe ja meriforelli aruanne. Tallinn: Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut: 50 pp.
- Kesler M, Taal I, Svirgsden R (2015) Lõhe ja meriforelli aruanne. Tallinn: Tartu Ülikooli Eesti Mereinstituut: 74 pp.
- Klemetsen A, Amundsen PA, Dempston J, Jonsson B, Jonsson N, O'Connell M, Mortensen E (2003) Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) , brown trout (*Salmo trutta* L.) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 1–59.
- Lilja J, Romakkaniemi A (2003) Early-season river entry of adult Atlantic salmon: its dependency on environmental factors. *Journal of Fish Biology* 62: 41–50.
- Lilleleht V (toim.) (1998) Eesti punane raamat: ohustatud seened, taimed ja loomad. Tartu: Eesti Teaduste Akadeemia Looduskaitse Komisjon: 150 pp.
- Loopmann, A. 1979. Eesti NSV jõgede nimestik. Tallinn, 167 lk.
- MacCrimmon HR, Gots BL (1979) World distribution of Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 422–457.
- Mills D (1989) *Ecology and Management of Atlantic Salmon*. London: Chapman and Hall: 351 pp.
- Moffet IJJ, Allen M, Flanagan C, Crozier WW, Kennedy GJA (2006) Fecundity, egg size and early hatchery survival for wild Atlantic salmon, from the River Bush. *Fisheries Management and Ecology* 13: 73–79.
- Moore A, Bendall B, Barry J, Waring C, Crooks N, Crooks L (2012) River temperature and adult anadromous Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. *Fisheries Management and Ecology* 19: 518–526.
- Niemelä E, Orell P, Erkinaro J, Dempson JB, Brørs S, Svenning M, Hassinen E (2006). Previous spawned Atlantic salmon ascend a large subarctic river earlier than their maiden counterparts. *Journal of Fish Biology* 69: 1151–1163.
- O'Maoileidigh N, McGinnity P, Prévost E, Potter ECE, Gargan P, Crozier WW, Mills P, Roche W (2004) Application of pre-fishery abundance modeling and Bayesian hierarchical stock and recruitment analysis to the provision of precautionary catch advice for Irish salmon (*Salmo salar* L.) fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 61: 370–1378.
- Ovidio M, Baras E, Goffaux D, Birtles C, Phillipart JC (1998) Environmental unpredictability rules the autumn migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in the Belgian Ardennes. *Hydrobiologia* 371/372: 263–274.

- Paaver T, Aid M, Tohvert T, Gross R, Rand EM, Ljubimov M, Alliku K (2010) Kalade taastootmise alased uuringud. Tartu. 84 lk.
- Pihu (1987) Matk kalariiki. Valgus. Tallinn. 360 lk.
- Potter ECE (1988) Movements of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in an estuary in south-west England. *Journal of Fish Biology* 33: 153–159.
- Rannak L, Arman J, Kangur M (1983) Lõhe ja meriforell. Valgus. Tallinn. 152 lk.
- Reid JE, Chaput G (2012) Spawning history influence on fecundity, egg size, and egg survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from the Miramichi River, New Brunswick, Canada. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1678–1685.
- Salinger DH, Anderson JJ (2006). Effects of water temperature and flow on adult salmon migration swim speed and delay. *Transactions of the American Fisheries Society* 135: 188–199.
- Saltveit SJ, Brabrand Å (2013) Incubation, hatching and survival of eggs of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in spawning redds influenced by groundwater. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters* 43: 325–331.
- Saunders JW (1960) The effect of impoundment on the population and movement of Atlantic salmon in Ellerslie Brook, Prince Edward Island. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 17: 453–473.
- Scarnecchia DL (1983) Age at sexual maturity in Icelandic stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40: 1456–1468.
- Scarnecchia DL, Ísaksson Á, White SE (1991) Effects of the Faroese long-line fishery, other oceanic fisheries and oceanic variations on age at maturity of Icelandic north-coast stocks of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fisheries Research* 10: 207–228.
- Smith GW, Smith IP, Armstrong SM (1994) The relationship between river flow and entry to the Aberdeenshire Dee, Scotland. *Journal of Fish Biology* 50: 463–474.
- Solomon DJ (1995) Sea Trout stocks in England and Wales. National Rivers Authority, R&D Report 25. In Harris G, Milner N (2006) *Sea Trout: Biology, conservation and management*. Blackwell Publishing. 522 pp.
- Stabell OB (1984) Homing and olfaction in salmonids: a critical review with special reference to the Atlantic salmon. *Biological Reviews* 59: 333–388.
- Svendsen JC, Koed A, Aarestrup K (2004) Factors influencing the spawning migration of female anadromous brown trout. *Journal of Fish Biology* 64: 528–540.
- Philip EK (1979) Estimated Escapement of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) for Maximum Smolt Production in Rivers of Different Productivity. *Symons Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 36: 132–140.

- Tetzlaff D, Gibbins CN, Bacon PJ, Youngson AF, Soulsby C (2008) Influence of hydrological regimes on the pre-spawning entry of Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.) into an upland river. *Rivers Research and Application* 24: 528–542.
- Tetzlaff D, Soulsby C, Youngson AF, Gibbins C, Bacon PJ, Langan S, Bacon PJ (2005) Variability in stream discharge and temperature: a preliminary assessment of the implications for juvenile and spawning Atlantic salmon. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 9: 193–208.
- Thorstad EB, Økland F, Aarestrup K, Heggberget TG (2008) Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 18: 345–371.
- Thorstad EB, Fiske P, Aarestrup K, Hvidsten NA, Hårsaker K, Heggberget TG, Økland F (2005) Upstream migration of Atlantic salmon in three regulated rivers. In Spedicato MT, Lembo G, Marmulla G (2005) *Aquatic telemetry: advances and applications*. Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry. Italy. 111–121.
- Thorstad EB, Økland F, Kroglund F, Jepsen N (2003) Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology* 10: 139–146.
- Tõnisson A (2010) Pirita jõeoru maastikukaitseala kaitsekorralduskava 2010–2019. 53 lk.
- Verspoor E, Stradmeyer L, Neilsen JL (2007) *The Atlantic salmon: genetics, conservation and management*. Oxford, Blackwell 9: 270–298.
- Went AEJ (1962) *The Pursuit of Salmon in Ireland*. Proceedings of the Royal Irish Academy. Section C: Archaeology, Celtic Studies, History, Linguistics, Literature Vol 63: 191–244.
- Wysujack K, Greenberg LA, Bergman E, Olsson IC (2009) The role of the environment in partial migration: food availability affects the adoption of a migratory tactic in brown trout (*Salmo trutta*). *Ecology of Freshwater Fish* 18: 52–59.

## 11. Lisad

Lisa 1. Pirita jõgikond. Punasega on kaardil märgitud lõhe kudeala Pirita jões. Meriforelli kudelala ulatub lisaks punasega märgitud alale ka Leiva jõkke. Kaardil on tähistatud ka sugukalade loenduri asukoht.



Lisa 2. Kalaloenduri tunneli paneel (foto autor Martin Kesler).





Lisa 3. Kalaloendur eestvaates. Loenduris nähtav must plaat on infrapunaskänner ning fototunneli laes on hoolduseks vajalik luuk avatud (foto autor Martin Kesler).



Lisa 4. 2014. aasta lõhe sugukalade hinnangulised vanused, keskmised pikkused ja kaal.

	Hinnanguline vanus	Keskmine pikkus (cm)	Keskmine kaal (kg)	N	%
Põlula lõhe	<b>Emased</b>	<b>117</b>	<b>18,0</b>	<b>13</b>	<b>100</b>
	2+	90	8,1	1	7,7
	3+	109	14,1	6	46,2
	4+	121	19,2	3	23,1
	5+	139	28,0	3	23,1
	<b>Isased</b>	<b>93</b>	<b>10,7</b>	<b>15</b>	<b>100</b>
	0+	42	0,6	1	6,7
	1+	72	3,3	5	33,3
	2+	88	6,6	2	13,3
	3+	107	13,3	4	26,7
	4+	118	18,1	1	6,7
	5+	138	29,6	2	13,3
Looduslikud lõhed	<b>Emased</b>	<b>114</b>	<b>16,6</b>	<b>106</b>	<b>100</b>
	2+	88	7,7	13	12,3
	3+	108	14	48	45,3
	4+	121	19	28	26,4
	5+	137	26,8	17	16
	<b>Isased</b>	<b>82</b>	<b>5,8</b>	<b>85</b>	<b>100</b>
	0+	39	0,5	2	2,4
	1+	73	3,6	40	47,1
	2+	87	6,3	36	42,4
	3+	105	12,4	3	3,5
	4+	122	20,1	3	3,5
	5+	130	24,8	1	1,2

Lisa 5. 2014. aasta meriforelli sugukalade hinnangulised vanused, keskmised pikkused ja kaal.

Meriforell	Hinnanguline vanus	Keskmine pikkus (cm)	Keskmine kaal (kg)	N	%
	<b>Emased</b>	<b>76</b>	<b>5,2</b>	<b>12</b>	<b>100</b>
	2+	67	3,7	5	41,7
	3+	69	3,2	2	16,7
	4+	80	5,7	2	16,7
	5+	92	8,6	2	16,7
	6+	94	9,2	1	8,3
	<b>Isased</b>	<b>52</b>	<b>1,8</b>	<b>9</b>	<b>100</b>
	0+	43	1	3	33,3
	1+	55	2,1	3	33,3
	2+	59	2,3	3	33,3

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina Lilli Lakkur

(sünnikuupäev: 27.05.1991)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Pirita jõe lõhe (*Salmo salar* L.) ja meriforelli (*Salmo trutta* L.) populatsiooni kuderände eripärad ning taastootmispotentsiaali hindamine,

mille juhendaja on MSc Martin Kesler,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 25.05.2015.